

Les systèmes

éoliens autonomes

Guide de l'acheteur





La mosaïque numérique du Canada qui apparaît sur la page couverture est réalisée par Ressources naturelles Canada (Centre canadien de télédétection) et est une image composite de plusieurs images satellites. Les nuances de grisé reflètent les différences de densité de la couverture végétale.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de cette publication ou d'autres publications sur l'efficacité énergétique offertes gratuitement, veuillez vous adresser à :

Direction des ressources en électricité
Programme d'encouragement aux systèmes d'énergie renouvelables
Ressources naturelles Canada
580 rue Booth, 11[ième] étage
Ottawa, ON K1A 0E4

Sans frais : 1 877 722-6600

Courriel : redi.penser@rncan.gc.ca
Internet : www.rncan.gc.ca/penser

Les systèmes éoliens autonomes : Guide de l'acheteur

Ce texte a été rédigé à l'intention de la Division de l'énergie renouvelable et électrique, Direction des ressources énergétiques,
Ressources naturelles Canada (RNCan), par Marbek Resource Consultants et SGA Consulting. Les auteurs se sont inspirés d'une version antérieure, rédigée par M. Marc Chappell de MSC Enterprises et M. Raj Rangi du Centre de technologie énergétique de CANMET.

Note importante

Cette publication a pour but de guider les lecteurs qui désirent évaluer les avantages et les risques inhérents à l'achat et à l'installation d'une éolienne de petite taille. Ce guide ne contient pas suffisamment de renseignements pour permettre au lecteur de connaître à fond tous les aspects d'une telle acquisition, car le sujet est complexe et la décision d'acheter et d'installer une éolienne dépend de nombreux facteurs. Ce guide n'a pas non plus pour objet de montrer comment installer, utiliser et entretenir une éolienne. Le lecteur devra compléter l'information qu'il trouvera dans ce guide en demandant aide et conseils aux personnes compétentes.

Les acheteurs potentiels d'éoliennes doivent consulter les services publics d'électricité ainsi que les organismes gouvernementaux locaux afin de s'assurer que l'installation proposée respectera tous les codes d'électricité, règlements de construction et règlements fonciers pertinents.

Ressources naturelles Canada n'est nullement responsable des blessures, des dommages matériels ou des pertes résultant de l'utilisation des renseignements contenus dans cette publication. Ce guide est publié à seul titre d'information et il ne reflète en aucun cas l'opinion du gouvernement du Canada, pas plus qu'il ne préconise une personne ou un produit commercial quelconque.





ISBN 0-662-70169-0
N° Cat. M144-50-2004F

Also available in English under the title: Stand-Alone Wind Energy Systems: A Buyer's Guide

Table des **matières**

Annexes

À propos de ce guide

Ce guide de l'acheteur de systèmes éoliens autonomes vous aidera à déterminer si l'énergie éolienne présente une solution intéressante dans votre cas. Il a pour objet :

- d'exposer les rudiments de l'énergie éolienne;
- de donner à l'acheteur des indications qui l'aideront à déterminer ses besoins énergétiques;
- de l'aider à découvrir si l'énergie éolienne peut, en principe, répondre à ces besoins;
- de décrire les composants d'un système éolien;
- de permettre d'établir, au point de vue économique, le bien-fondé de l'utilisation de l'énergie éolienne dans son cas;
- de donner quelques exemples pratiques de systèmes éoliens.

Ce guide n'a pour objet ni de montrer comment installer un système éolien, ni de fournir toute l'information permettant de déterminer si l'énergie éolienne apporte une solution à tel cas. Les systèmes éoliens sont compliqués, et leur installation et leur entretien requièrent une certaine expertise. L'étude de la faisabilité d'un système éolien doit être confiée à une personne qualifiée, à qui on confiera le soin de sa conception et de son installation.

Avant de prendre la décision d'acheter un système éolien, consultez les services publics d'électricité ainsi que les organismes gouvernementaux locaux afin de vous assurer que l'installation proposée respectera les codes d'électricité, les règlements de construction et les règlements fonciers pertinents.

1. Puissance et potentiel du **vent**

- **Une très ancienne source d'énergie**
- **Quelle quantité d'énergie le vent contient-il et comment peut-on la récupérer?**

Le vent est un phénomène complexe dont on peut donner une description simple.

Le réchauffement de la terre par le soleil varie selon les endroits, c'est-à-dire selon que le ciel de l'endroit chauffé est couvert de nuages, que l'endroit est en plein soleil ou qu'il est recouvert d'eau. L'air des endroits plus chauds se réchauffe, devient moins dense et monte. Ce faisant, il crée une zone de basse pression dans laquelle s'engouffre l'air des zones voisines dont la pression est plus élevée. Cet air en mouvement, c'est le vent.

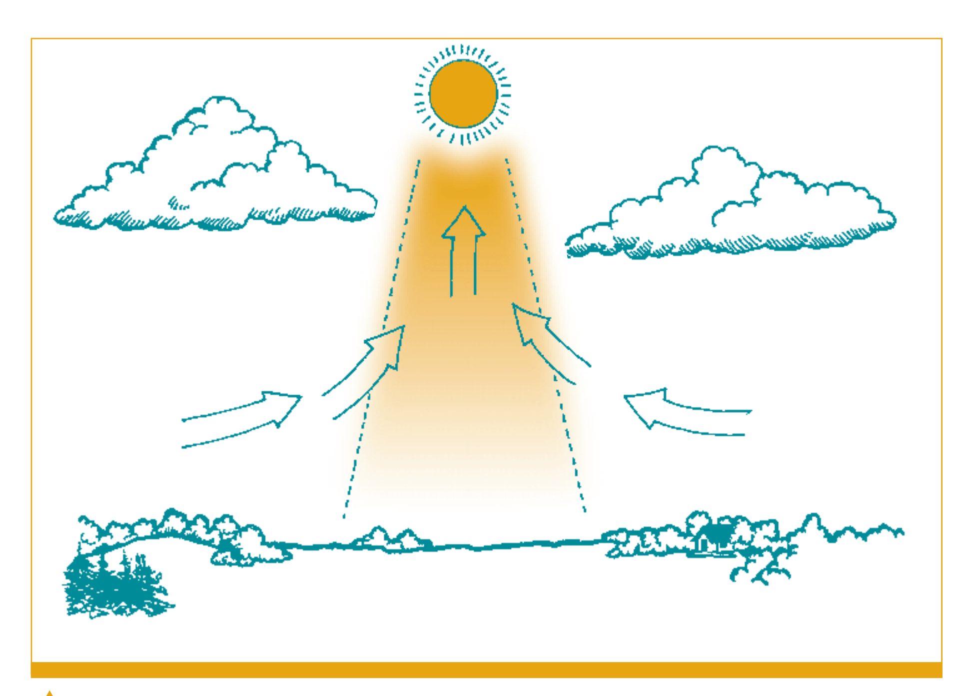


Figure 1. Le vent est causé par le mouvement de l'air.

Depuis des siècles, l'homme capte l'énergie contenue dans le vent. Les moulins à vent hollandais, qui datent du 12e siècle, constituaient en 1700 une importante source d'énergie en Europe. En Amérique du Nord, il y a environ un siècle que les agriculteurs ont adopté la technologie du moulin à vent pour pomper l'eau.

De nos jours, on peut encore utiliser le rotor d'une éolienne pour faire fonctionner des pompes ou faire tourner une génératrice produisant de l'électricité.

Le vent constitue une source d'énergie qui est continuellement renouvelée par les phénomènes naturels. Les technologies appliquées aux énergies renouvelables, telles que les systèmes éoliens et les systèmes solaires photovoltaïques qui utilisent la lumière solaire, convertissent les sources naturelles d'énergie renouvelable en énergie utilisable qui peut soit remplacer les sources d'énergie conventionnelles, soit servir de ressource d'appoint.

Le Canada est un immense pays au potentiel éolien énorme. En utilisant ce potentiel, on diminuera la quantité de gaz à effet de serre émise par les sources d'énergie conventionnelles.

De grandes installations éoliennes modernes apparaissent çà et là dans le paysage canadien. Ces installations, qui se composent d'une batterie d'éoliennes dont chacune produit environ 600 kilowatts, sont connectées au réseau principal d'électricité. Bien que cette technologie soit prometteuse, il faudrait 1 500 turbines de cette taille pour atteindre la production d'un réacteur CANDU. Par contre, si on remplaçait une génératrice à l'huile ou au charbon par une de ces éoliennes, on diminuerait de 1 000 tonnes par an les émissions de carbone dans l'atmosphère.

Ce guide s'adresse à ceux qui envisagent d'utiliser une éolienne pour alimenter en énergie leur domicile, leur ferme, leur chalet ou leur commerce. Dans la plupart des cas, la capacité de ces petits systèmes se situe entre 100 watts et 25 kilowatts.

À la limite inférieure de cette échelle des capacités, l'électricité produite suffit à faire fonctionner quelques ampoules d'éclairage, une radio ou du matériel récréatif. À l'autre limite, l'électricité produite par l'éolienne peut satisfaire la majorité des besoins d'une exploitation agricole ou d'un immeuble institutionnel. Des systèmes qui auraient une capacité légèrement supérieure pourraient également fournir l'électricité d'appoint de certaines municipalités ou communautés éloignées.

Dans ce guide, on effleurera le travail mécanique effectué au moyen de technologies éprouvées, comme

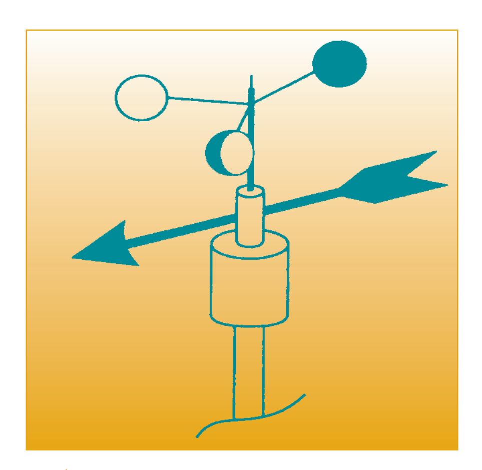


Figure 2. Un anémomètre mesure la vitesse du vent. Il tourne d'autant plus vite que la vitesse du vent est élevée.

le pompage de l'eau, mais on traitera avant tout de la production d'électricité.

Quelle quantité d'énergie le vent contient-il?

Un des premiers éléments à déterminer, dans l'étude de faisabilité d'un système éolien, c'est la quantité d'énergie éolienne dont on dispose.

Il faut à cet effet mesurer la vitesse du vent pendant une période déterminée, en notant les laps de temps pendant lesquels le vent souffle aux différentes vitesses. On calcule ensuite la vitesse annuelle moyenne du vent. Pour qu'un système éolien présente un intérêt matériel, la vitesse annuelle moyenne doit atteindre 15 km/h minimum.

Il importe également de connaître la variation de la vitesse du vent.

La vitesse du vent n'est presque jamais nulle et elle ne dépasse que rarement – et toujours brièvement – le double de sa vitesse annuelle moyenne. La vitesse du vent la plus fréquente équivaut approximativement à 75 p. cent de sa vitesse annuelle moyenne. Si vous faites appel à un expert pour évaluer la quantité d'énergie éolienne disponible sur votre site, il utilisera probablement un des outils d'évaluation appelé courbe Rayleigh de distribution de la vitesse du vent. Ce n'est en réalité qu'un graphique montrant le nombre d'heures pendant lesquelles le vent souffle à chacune des vitesses relevées (Figure 3, voir page 6). Le vent souffle le plus fréquemment à la vitesse correspondant au point le plus élevé de la courbe.

Le relief du sol influe sur la vitesse du vent. Les collines, les crêtes et les vallées peuvent bloquer le vent ou créer des turbulences, conditions qui gênent le bon fonctionnement d'une éolienne. Le frottement, à proximité du sol, ralentit également la vitesse de l'air, qui augmente aussi à mesure qu'on s'éloigne du sol. Dans la plupart des espaces libres, la vitesse du vent augmente de 12 p. cent chaque fois qu'on double la hauteur du point de mesure.

La quantité d'énergie éolienne disponible augmentera donc si on installe l'éolienne au sommet d'une colline ou sur une tour.

Une faible augmentation de la vitesse du vent entraîne une forte augmentation de la quantité d'énergie disponible (comme le phénomène du vent consiste en un déplacement de volumes d'air, la quantité d'énergie contenue dans le vent est proportionnelle au cube de sa vitesse).

Mesure de la vitesse du vent

On mesure la vitesse du vent au moyen d'un instrument appelé *anémomètre* (Figure 2), qui tourne d'autant plus vite que le vent souffle fort. Un consignateur de données permet d'enregistrer instantanément la vitesse du vent ou de la stocker en mémoire en vue de son utilisation lors d'une analyse ultérieure. Une girouette indique la direction du vent.

On consigne normalement la vitesse du vent en kilomètres à l'heure (km/h) ou en mètres par seconde (m/s) : 1 m/s = 3,6 km/h. On indique la direction du vent en degrés d'azimut ou en points de boussole.

Capter l'énergie du vent

Un système éolien n'est rien d'autre que l'application d'un procédé pour capter l'énergie éolienne et la convertir en énergie utile. L'énergie utile produite peut être mécanique; dans ce cas, le vent fait tourner un rotor d'éolienne qui entraîne un dispositif mécanique, comme une boîte d'engrenages ou un système de leviers, qui fait à son tour fonctionner une pompe à eau. L'énergie utile peut aussi être électrique, comme dans le cas d'une éolienne qui fait fonctionner une génératrice.

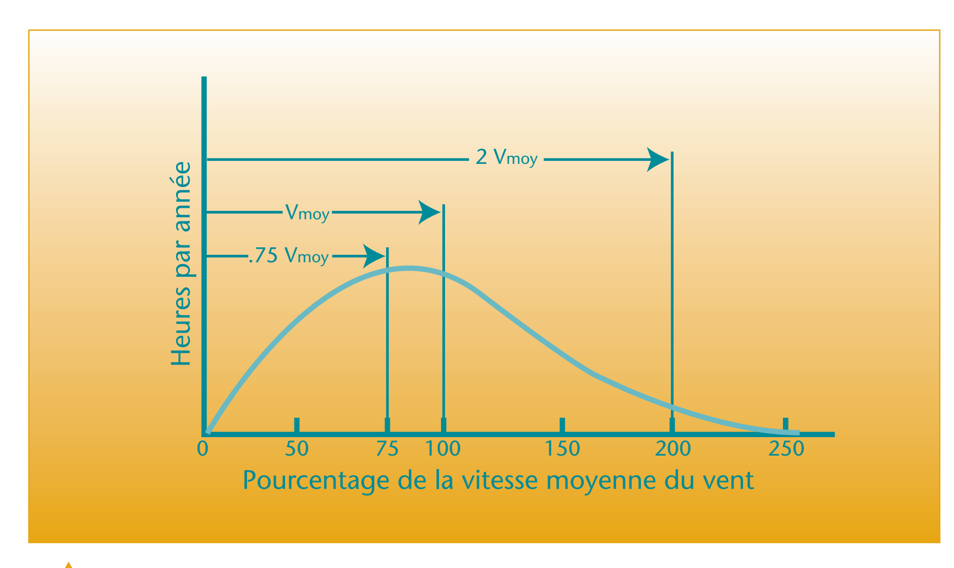


Figure 3. Vitesse annuelle moyenne du vent (Vmoy). Le point le plus élevé de la courbe correspond à la vitesse à laquelle le vent souffle la plus souvent. Ce type de graphique est appelé courbe Rayleigh de distribution de la vitesse du vent.

Conversion des vitesses du vent

La vitesse du vent se mesure souvent en mètres par seconde, mais par souci de simplicité, nous préférons l'indiquer en kilomètres à l'heure.

m/s	km/h
4	14,4
6	21,6
8	28,8
10	36,0
12	43,2
14	50,4
16	57,6

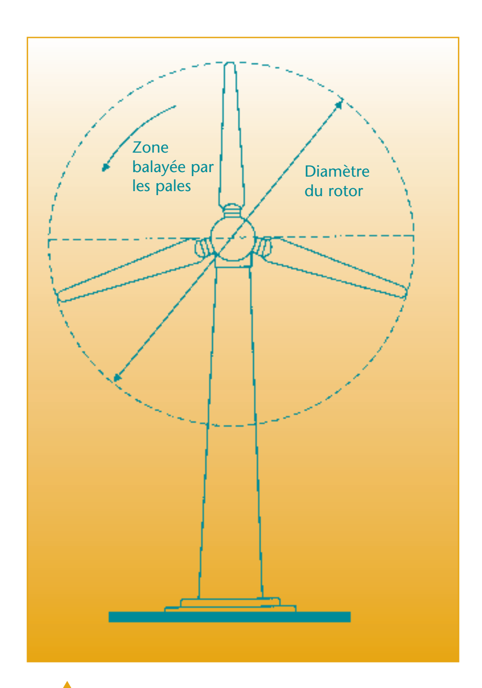


Figure 4. La « zone balayée » est la zone que les pales traversent.

Le système éolien de base comprend une turbine (un rotor à pales, une boîte d'engrenages et une génératrice), une tour et les autres composants du système (ACS). Les ACS peuvent être de différentes sortes. Ils seront décrits en détail au chapitre 3.

On ne peut pas compter sur le vent, donc pour combler cette lacune, il faut équiper certains systèmes d'un ensemble de batteries qui stockent l'électricité, ou utiliser l'appoint d'une génératrice diesel, à essence ou au propane qui compensera l'absence de vent.

Il faut normalement que la vitesse du vent dépasse 15 km/h pour qu'une éolienne commence à produire de l'électricité. Cette vitesse est appelée la vitesse d'« enclenchement ». La vitesse de « déclenchement », qui est la vitesse à laquelle l'éolienne s'arrête pour ne pas subir de dommages, est d'environ 70 km/h.

La quantité précise d'énergie extractible du vent dépend de plusieurs facteurs que l'on retrouve dans les formules standard. Ces formules sont compliquées et elles tiennent compte de facteurs tels que la variabilité et la distribution de la vitesse du vent, la hauteur à laquelle se trouve le rotor et la densité de l'air.

Le diamètre de la zone balayée par les pales est un autre élément important (voir Figure 4 et l'encadré à la page 7).

À propos de théorie éolienne

La production d'énergie éolienne dépend de plusieurs facteurs clés :

Le diamètre de la zone balayée par les pales de l'éolienne (appelée « zone balayée ») : les pales d'une éolienne balaient une zone circulaire. Vu la circularité du mouvement, la puissance de l'éolienne augmente fortement en fonction du diamètre de la zone balayée. Ainsi, si on double ce diamètre, la puissance quadruple.

La vitesse du vent : le temps pendant lequel le vent souffle à une vitesse supérieure à la vitesse d'enclenchement est un facteur critique. Il faut également savoir que de faibles augmentations de la vitesse du vent entraînent de fortes augmentations de la puissance disponible. Une augmentation de 10 p. cent de la vitesse du vent peut entraîner une augmentation de 30 p. cent de la puissance de l'éolienne.

La variabilité de la vitesse du vent sur le terrain. L'énergie totale produite par une éolienne au cours d'une certaine période dépend de la distribution et de la variabilité de la vitesse du vent pendant cette période. Il n'est donc pas étonnant que la vitesse moyenne annuelle du vent sur un terrain soit un facteur plus important que sa vitesse ponctuelle.

La densité de l'air : la puissance du vent est directement liée à la densité de l'air, qui augmente si la température diminue (l'air chaud monte). La quantité d'énergie disponible est approximativement de 16 p. cent plus élevée à – 20 °C qu'à + 20 °C.

La limite de Betz La vitesse du vent diminue lorsqu'on en capte de l'énergie. En principe, si on retirait du vent toute énergie qu'il contient, il cesserait d'exister! Néanmoins, en réalité, il est impossible de capter toute l'énergie contenue dans le vent. Le maximum d'énergie qu'un système éolien idéal peut capter équivaut à environ 59 p. cent de l'énergie contenue dans le vent. Cette valeur est appelée la limite de Betz.

- **Il est nécessaire de disposer de différents types de systèmes si l'on veut répondre aux besoins de toute nature**
- **La gamme des systèmes va des systèmes de très petite taille aux systèmes connectés au réseau**

Ce guide traite principalement des systèmes non connectés au réseau, c'est-à-dire des systèmes éoliens qui ne sont pas reliés au réseau principal d'électricité (le réseau municipal, par exemple). Les changements qui surviennent dans le mode d'exploitation des services publics d'électricité ouvrent toutefois de nouvelles voies dans ce domaine; nous traiterons brièvement de cet aspect à la fin de cette section.

Questions de terminologie

Les systèmes éoliens qui produisent de l'électricité sont souvent appelés *aérogénérateurs*. Pour les besoins de ce guide, tous les systèmes qui captent ou convertissent l'énergie éolienne seront appelés *systèmes éoliens*.

Systèmes non connectés au réseau

Les systèmes de petite taille, non connectés au réseau, peuvent être autonomes, s'ils ne fournissent que l'électricité provenant de la conversion de l'énergie éolienne, ou hybrides, s'ils fournissent de l'électricité provenant de l'énergie éolienne ainsi que d'une autre source qui remédie au manque de vent.

Les systèmes autonomes peuvent fournir de l'énergie éolienne mécanique ou électrique et ils sont souvent équipés d'un dispositif qui stocke l'énergie pour la restituer lorsque les conditions de vent sont défavorables. Une génératrice commandée par un système éolien peut produire de l'électricité qui sera stockée dans des batteries; mais si le propriétaire est disposé à se satisfaire d'un approvisionnement incertain, ces batteries ne sont pas nécessaires.

Les systèmes éoliens mécaniques sont relativement simples. On les utilise pour aérer les étangs, pomper l'eau destinée au bétail, pour l'irrigation et le drainage et pour approvisionner en eau les ménages, les fermes et les petites communautés. Pour stocker l'énergie des systèmes éoliens mécaniques, on peut prévoir un réservoir. Plus d'un million de systèmes éoliens mécaniques seraient aujourd'hui en service dans le monde, et la plupart d'entre eux seraient utilisés dans des fermes.

Les systèmes hybrides sont utiles dans les endroits où la vitesse du vent fluctue ou lorsque l'utilisateur ne veut pas que son approvisionnement en électricité soit entièrement tributaire du vent. Les systèmes hybrides peuvent utiliser l'appoint de l'énergie solaire ou d'une génératrice diesel. Ces systèmes peuvent alors assurer un approvisionnement fiable en énergie, quelles que soient les conditions de vent, mais ils sont parfois coûteux et compliqués.

Les systèmes hybrides sont particulièrement utiles lorsqu'on veut compenser les inconvénients d'un système de production d'énergie connu, comme le prix du carburant dans le cas d'une génératrice. Le système hybride est également utile lorsque le coût du stockage (c'est-à-dire le coût des batteries) est élevé, étant donné les fortes charges.

Systèmes hybrides destinés aux communautés éloignées

L'approvisionnement en électricité de nombreuses communautés éloignées dépend de générateurs diesel. Si les conditions de vent de l'endroit sont bonnes, on peut considérer l'installation d'une éolienne pour fournir l'électricité nécessaire à l'éclairage, au traitement de l'eau, aux services municipaux et à d'autres applications. Lorsque la vitesse du vent tombe dans les limites de fonctionnement de l'éolienne, l'électricité produite par cette dernière alimente les usagers et soulage d'autant le générateur diesel, ce qui réduit la consommation et les frais de carburant.

Des systèmes hybrides éolienne-diesel alimentent en électricité des communautés éloignées à plusieurs endroits au Canada et notamment à Kuujjuaq (Québec), Fort Severn (Ontario), Cambridge Bay et Iggloolik (T.N.-O.).

Les systèmes éoliens sont classés en fonction de leur puissance nominale propre, c'est-à-dire de la puissance maximale de sortie du système, par vent fort et dans des conditions idéales.

Pour simplifier la présentation, on a groupé les systèmes dans les catégories suivantes :



Étudiants du Collège Assiniboine (Manitoba) installent une éolienne de 850 watts. (Photographie offerte gracieusement par Nor'wester Energy Systems Ltd.)

Les micro-systèmes : 100 watts maximum

Ils sont utiles dans les applications suivantes :

- systèmes portatifs destinés à l'éclairage et aux ensembles de radiocommunications des camps de pêche et de chasse
- petits appareils électroménagers des yachts, des véhicules récréatifs, des maisonnettes et des chalets
- clôtures électriques
- éclairage d'endroits éloignés
- éclairage d'urgence
- chargeurs d'entretien
- aération des étangs
- balises et phares de navigation
- systèmes de communications
- programmes et exposés didactiques

Les mini-systèmes : de 100 watts à 10 kilowatts

Ils sont utiles dans les applications suivantes :

- appoint d'une petite génératrice diesel ou à essence
- pompage de l'eau destinée au bétail ou à l'irrigation
- pompage de l'eau domestique ou utilisée dans les chalets
- aides à la navigation
- systèmes de télécommunications
- éclairage localisé et de secours
- réfrigération et fabrication de glace pour la conservation du poisson dans les endroits éloignés
- traitement de l'eau et des déchets
- pompage des eaux usées
- nettoyage des pièges à débris (dans les systèmes d'irrigation)
- protection
- systèmes d'alarme

Petits systèmes : de 10 kilowatts à 50 kilowatts

La capacité de ces systèmes est suffisante pour assurer l'approvisionnement en électricité d'une ferme ou d'une installation commerciale et pour alimenter en électricité des communautés ou des camps éloignés.

Systèmes connectés au réseau

Le Canada connaît une période de changements en ce qui a trait à la réglementation de ses services publics d'électricité et aux moyens que les autorités prennent pour obtenir ou acheter de l'électricité ailleurs. La nouvelle réglementation fera de l'électricité un produit plus commercial. Les marchés de l'électricité s'ouvrent aux fournisseurs privés. Cela implique que l'énergie éolienne va pouvoir concurrencer les carburants fossiles traditionnels, émetteurs de carbone, ainsi que l'énergie nucléaire, fort coûteuse. Les entreprises d'électricité de plusieurs provinces – l'Alberta, par exemple – s'orientent déjà dans cette voie.

Un autre point entre en ligne de compte, c'est le souci de l'environnement. Le changement climatique et les engagements internationaux de réduire les émissions de gaz à effet de serre que le Canada a pris ont attiré l'attention sur les émissions de carbone provenant de la production d'électricité à partir des combustibles fossiles.

Normes

La norme CSA-F418-M91 *Systèmes de conversion d'énergie éolienne : couplage sur le réseau public d'électricité* de l'Association canadienne de normalisation traite ces questions ainsi que les sujets qui s'y rattachent, comme les exigences d'installation et d'exploitation.

Les tentatives qui seront faites pour réduire ces émissions encourageront certainement l'utilisation de l'électricité « verte », non polluante. Ressources naturelles Canada et Environnement Canada montrent l'exemple en achetant de l'électricité verte pour leurs installations en Alberta.

La puissance des grandes éoliennes qu'on trouve sur le marché et qui peuvent être reliées directement au réseau des services publics va de 300 kilowatts (kW) à 1,5 mégawatt (MW). On les installe normalement en groupes appelés batteries d'éoliennes, mais les installations de grandes éoliennes uniques ne sont pas rares. Les batteries d'éoliennes ne sont généralement pas rentables si leur puissance totale est inférieure à un mégawatt.

Il est également possible de connecter des systèmes de petite taille au réseau des services publics. Cette solution permet la « facturation nette », mais elle ne s'avère pas économique dans la plupart des cas. Certains services publics locaux ou provinciaux, Ontario Hydro Services Company par exemple, s'efforcent de rendre la connexion au réseau plus intéressante pour les propriétaires de systèmes de petite taille (voir l'encadré *Programmes spéciaux de connexion au réseau* [ci-dessous]).

Parmi les principales exigences des services publics concernant les systèmes éoliens connectés au réseau figurent la *sécurité et la qualité* du produit fourni.

Programmes spéciaux de connexion au réseau

Le programme pilote de facturation nette, lancé par Ontario Hydro Services Company, a été conçu à l'intention des petits producteurs d'énergie renouvelable (moins de 50 kW) qui sont connectés au réseau. En vertu de ce programme, un petit producteur d'énergie éolienne peut fournir de l'électricité au réseau, en échange de l'électricité qu'il achète au réseau. En fait, Ontario Hydro Services Company achète de l'électricité au propriétaire au même prix que celui auquel il lui vend de l'électricité. Cet arrangement de facturation nette s'appelle également « mise en réserve d'énergie ». On s'attendait à tester jusque 20 systèmes producteurs d'énergie renouvelable dans ce programme pilote, avant la fin de 1997.

Pour obtenir plus d'informations, veuillez communiquer avec Ontario Hydro Services Company, en composant sans frais le numéro de téléphone 1-877-647-3783 ou en consultant leur site web à l'adresse suivante : http://www.ohsc.com.



Profil d'un petit système éolien de 25 kW Wenvor-Vergnet. Photographie offerte gracieusement par Wenvor Technologies Inc.

Les services publics exigent que le système réponde à certaines normes et qu'il ne présente aucun risque pour le personnel et l'équipement. Pour satisfaire au critère de qualité et ne pas endommager le matériel électronique délicat, l'électricité produite par le système éolien doit avoir les mêmes caractéristiques que l'électricité du réseau. La qualité de l'électricité fournie par les systèmes éoliens de petite taille connectés au réseau pose rarement problème. Les autres questions dont il faut tenir compte sont de nature juridique et contractuelle, et elles relèvent des personnes spécialisées dans ces domaines.

Comme chaque service public applique sa propre politique en matière de connexion au réseau, les personnes intéressées doivent communiquer avec le service à la clientèle ou le bureau commercial du service public local si elles veulent obtenir plus d'informations.

- **Les composants dont vous avez besoin dépendent de la destination de l'énergie produite**
- **Aide à la lecture des spécifications**

Éoliennes

Le rotor est une des parties les plus visibles du système éolien, mais elle n'est pas le seul élément.

L'éolienne la plus courante est celle à axe horizontal. L'axe du rotor est parallèle au sol et donc à la direction du vent. Dans l'éolienne à axe vertical, l'axe est perpendiculaire à la direction du vent.

Les éoliennes à axe horizontal sont le plus souvent utilisées dans des applications de faible puissance et elles sont montées sur une tour qui n'occupe pas beaucoup de place. Par contre, leur entretien exige que l'on abaisse la tour ou que le technicien d'entretien monte sur la tour.

Dans l'éolienne à axe vertical, l'équipement qui produit l'électricité se trouve au niveau du sol, mais ce type d'éolienne occupe beaucoup de place à cause des haubans qui l'assujettissent.

Étant donné que les éoliennes risquent d'être exposées à de forts vents, à la pluie, à la neige, au soleil, au verglas et à l'air marin, les pièces qui les composent doivent être fabriquées dans des matériaux solides, durables et résistant à la corrosion. Une éolienne bien construite et bien entretenue doit fonctionner au moins 20 ans.

Les éoliennes sont formées de différents composants :

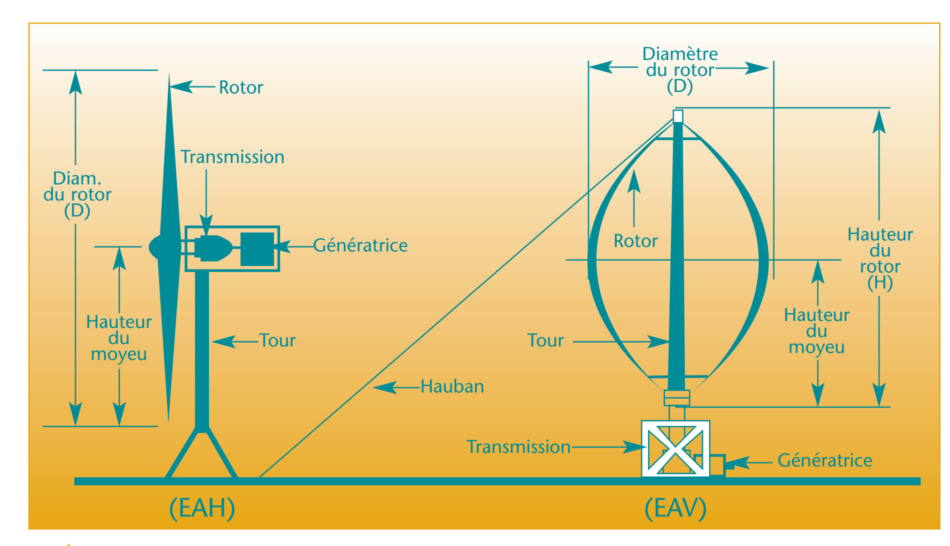


Figure 5. Les éoliennes à axe horizontal (EAH) et à axe vertical (EAV).

Le rotor

Le rotor est formé de plusieurs pales qui ont une forme particulière et un profil aérodynamique spécial. Lorsque le vent fait tourner les pales, celles-ci font tourner le rotor qui fait tourner le mécanisme d'entraînement et le générateur. Les pales doivent être légères, solides et durables, pour résister à l'action des éléments. On les construit habituellement en matériaux composites à base de fibre de verre, en plastique renforcé ou en bois. L'éolienne doit aussi être conçue de manière à ce que, par grand vent, le rotor ne tourne pas trop vite.

C'est le diamètre des pales qui détermine la quantité d'électricité produite par le système. L'éolienne compte habituellement deux ou trois pales. Le rotor à trois pales réduit les contraintes mécaniques que subit le système, mais son coût est plus élevé.

Le générateur/alternateur

Les générateurs et les alternateurs produisent de l'électricité grâce à la rotation des pales de l'éolienne. Le générateur produit du courant continu (c.c.) et l'alternateur, du courant alternatif (c.a.). La plupart des éoliennes utilisées pour alimenter des chargeurs de batteries utilisent des alternateurs, et on convertit le c.a. qu'ils produisent en c.c. pour charger les batteries.

c.a. ou c.c.?

Le courant continu (c.c.) s'écoule dans une direction. Le courant alternatif (c.a.) s'écoule alternativement dans une direction, puis dans l'autre. On utilise le courant alternatif dans les applications domestiques parce qu'on peut l'acheminer sur de longues distances sans pertes importantes, contrairement à ce qui se passe avec le c.c.

Il n'est pas nécessaire que vous connaissiez l'explication physique du phénomène, mais vous devez savoir qu'une batterie génère du courant continu alors qu'une prise murale génère du courant alternatif. Normalement, les appareils fonctionnant sur le courant continu utilisent une tension plus faible que celle du c.a. du réseau.

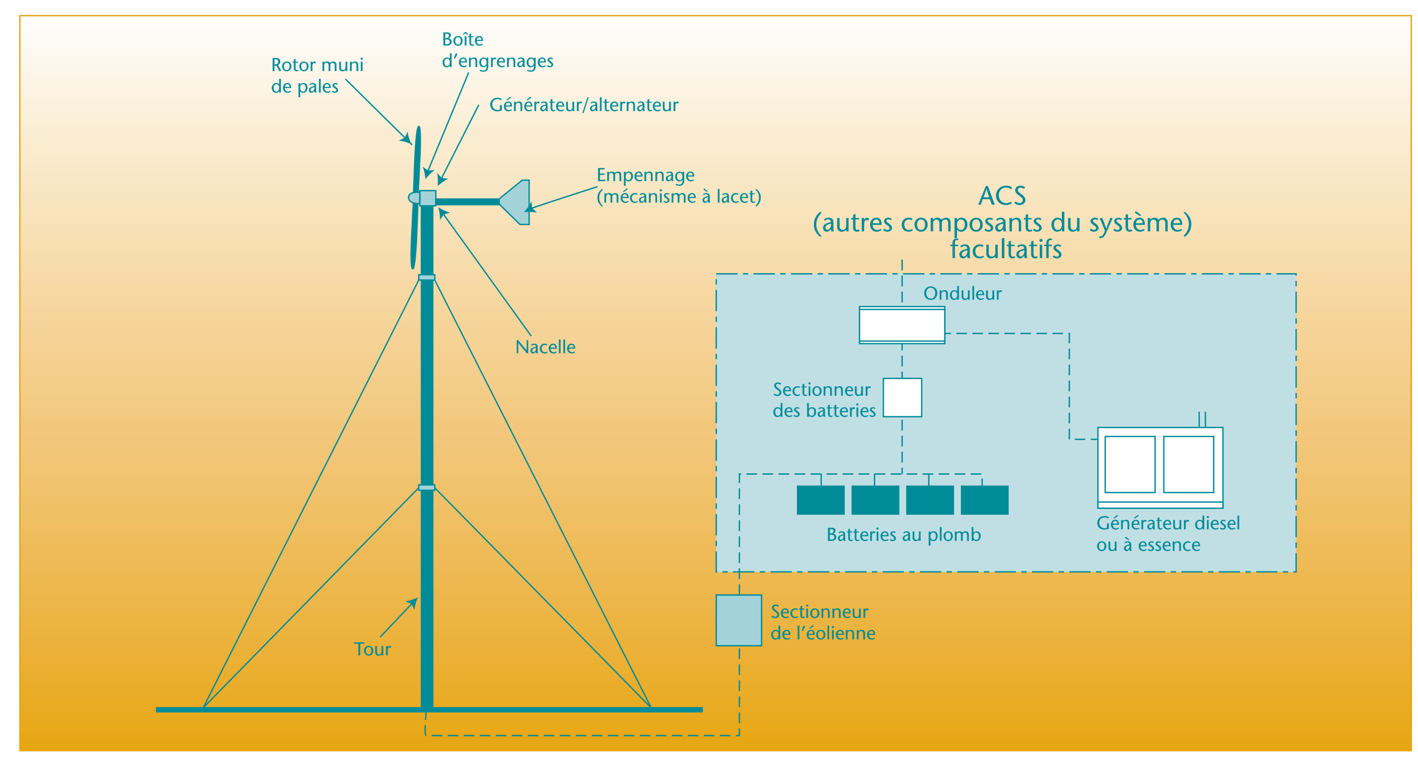


Figure 6. Composants du système éolien.

La boîte d'engrenages

De nombreuse éoliennes, en particulier celles d'une puissance supérieure à 10 kW, sont munies d'une boîte d'engrenages qui permet d'adapter la vitesse de rotation du rotor à celle du générateur. Mais dans la plupart des mini-systèmes, le générateur/alternateur tourne à la même vitesse que le rotor, et l'utilisation d'une boîte d'engrenages est superflue.

La nacelle

La nacelle est l'enveloppe qui protège la boîte d'engrenages, le générateur et les autres composants contre l'action des éléments. Elle est amovible pour permettre l'entretien de l'éolienne.

L'empennage (mécanisme à lacet)

Un mécanisme à lacet maintient l'éolienne à axe horizontal dans la ligne du vent. La plupart des micro-systèmes et des mini-systèmes utilisent un simple empennage qui place l'axe parallèlement à la direction du vent. Dans certains systèmes, le rotor se trouve en aval du générateur, par rapport au vent, et il s'aligne donc automatiquement. D'autres systèmes sont équipés d'un mécanisme à lacet qu'on peut décaler par rapport à l'axe vertical, pour assurer la régulation de la puissance et de la vitesse du rotor. Des mécanismes spéciaux de déverrouillage permettent aussi de se servir du système à lacet pour faire pivoter les éoliennes à axe horizontal et les sortir de l'influence des vents forts lorsqu'ils risquent de les endommager.

Systèmes de contrôle et de protection

Les différents systèmes de contrôle vont du simple interrupteur, aux fusibles et aux régulateurs de charge des batteries, et aux systèmes informatisés qui contrôlent les systèmes à lacet et les freins. Le degré de perfectionnement du système de contrôle et de protection dépend de l'application prévue de l'éolienne et du système énergétique qu'elle alimente.

Il importe de connaître certains termes clés utilisés dans les descriptions et les spécifications des éoliennes. Le tableau de la page suivante contient les termes que l'on trouve le plus souvent dans la documentation du fabricant concernant les cas types de mini-système produisant du courant continu.

Spécifications	Exemples de données	Importance	Unités
Puissance nominale	600 W	Puissance de sortie maximale (calculée normalement pour des vitesses de vent de 12 à 15 m/s, c.-à-d. de 40 à 50 km/h), utilisée pour déterminer la dimension des fils et des éléments de contrôle en fonction du courant maximal qui les traversera.	watts ou kW
Vitesse nominale du vent	40 km/h	Vitesse du vent à laquelle l'éolienne produit sa puissance nominale.	kilomètres/heure (km/h) mètres/seconde (m/s)
Tension de sortie	12 ou 24 volts c.c.	Détermine le type d'équipement qui sera utilisé.	le courant peut être continu ou alternatif
Vitesse d'enclenchement	11 km/h	Vitesse du vent à laquelle l'éolienne commence à produire de l'électricité.	kilomètres/heure (km/h) ou mètres/seconde (m/s)
Vitesse de déclenchement	45 km/h	Vitesse du vent à laquelle l'éolienne cesse de produire de l'électricité parce qu'elle se détourne du vent ou parce qu'elle s'arrête pour ne pas être endommagée.	kilomètres/heure (km/h) ou mètres/seconde (m/s)
Diamètre des pales	2,5 m	Diamètre hors-tout des pales, un facteur déterminant de la puissance produite.	mètres (m)
Nombre de pales	3	Les éoliennes ont le plus souvent trois pales, mais elles peuvent en avoir deux ou quatre.	
Poids du système	20 kg	Poids des pales et du générateur/alternateur qu'il faut installer au sommet de la tour.	kilogrammes (kg)
Courbe de puissance	s/o	Graphique représentant la puissance de sortie en fonction de la vitesse du vent; il faut s'en servir pour estimer la production d'énergie de l'éolienne.	Puissance en watts et vitesse du vent en mètres/seconde (m/s)
Période de garantie	2 ans	Normalement de un à trois ans	année

Tours

La tour supporte l'éolienne et fait donc partie intégrante du système éolien. Elle doit être conçue pour porter le système et il faut s'assurer qu'elle est capable de le faire. Elle doit résister aux coups de foudre, aux vents les plus violents, à la grêle et à la formation de glace.

Il ne faut utiliser que les tours approuvées par les fabricants d'éoliennes, sinon la garantie du fabricant de l'éolienne risque de ne pas être valable.

Il existe différents types de tours :

Les tours haubanées sont économiques et très résistantes, si elles sont bien installées. L'ancrage adéquat des haubans nécessite un espace suffisant à la base de la tour. Les fondations en béton de la tour doivent être assez profondes pour résister aux efforts maximum de traction des câbles. Leur profondeur doit dépasser celle du gel; les zones sablonneuses ou mal drainées risquent de poser problème. La

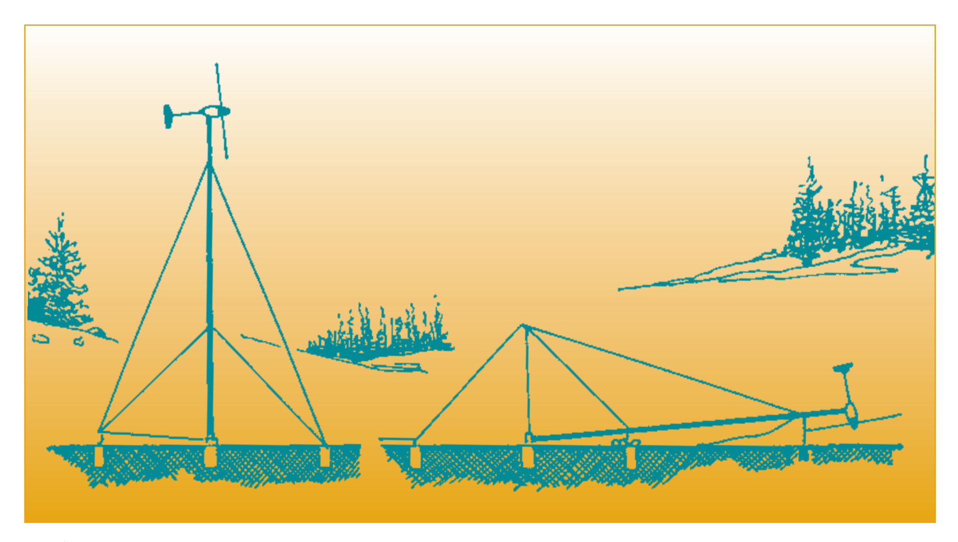


Figure 7. Les tours basculantes s'abaissent jusqu'au niveau du sol, pour faciliter l'installation du générateur et son entretien.

Importance de la hauteur de la tour

Comme la force du vent augmente et que l'écoulement du vent devient moins turbulent en fonction de la hauteur, et comme la puissance de sortie de l'éolienne augmente sensiblement en fonction de la vitesse du vent, si on augmente la hauteur de la tour de 10 à 50 mètres on peut doubler la quantité d'énergie éolienne disponible.

présence de bâtiments, les arbres et même la configuration du terrain peuvent constituer des obstacles à l'utilisation de haubans.

On utilise souvent les tours basculantes pour les petits systèmes, car elles facilitent l'entretien sécuritaire de l'éolienne. Ce type de tours permet d'assembler l'éolienne pendant que le système se trouve à même le sol. On relève ensuite la tour au moyen d'un treuil ou d'un véhicule lourd. Ces tours basculantes peuvent également être abaissées pour les travaux d'entretien (voir Figure 7).

Les tours autoportantes sont généralement plus coûteuses, car les matériaux qui entrent dans leur construction doivent être plus lourds. N'étant pas haubanées, elles doivent posséder des fondations plus importantes.

Certains micro-systèmes, tels que ceux utilisés dans un but récréatif ou dans les chalets, peuvent être montés sur un simple poteau rigide.

Autres composants du système

Les caractéristiques de votre application détermineront l'équipement et le matériel additionnels dont vous aurez besoin pour produire de l'électricité à la tension et à l'intensité requises. On désignera l'équipement additionnel par l'appellation Autres composants du système (ACS). Les ACS les plus importants sont les batteries, l'onduleur et le générateur à carburant fossile, si vous en utilisez un.

Les ACS restants sont les câbles, les interrupteurs, les disjoncteurs, les compteurs et les autres appareils qui ne sont pas nécessairement fournis par le fabricant. Vous devez avoir facilement accès aux ACS pour procéder à l'entretien des batteries et aux réparations qui s'imposent, et pour recueillir les données telles que le nombre de kilowattheures produits. Et vous devrez peut-être prévoir un endroit spécial dans un atelier, un abri ou à l'intérieur de la maison pour installer les ACS.

Batteries

On équipe un grand nombre de systèmes éoliens de batteries qui produisent de l'électricité de remplacement quand le vent n'est pas propice. Un système sans batteries produira de l'électricité que lorsque le vent soufflera assez fort pour répondre à la demande.

Les batteries ne sont pas toutes fabriquées de la même manière, et la terminologie utilisée à leur sujet manque parfois de clarté. Une des plus importantes caractéristiques des systèmes éoliens est la profondeur de décharge (PDD), qui représente la quantité d'énergie que vous pouvez extraire d'une batterie sans compromettre sa recharge.

Si vous extrayez toute l'énergie contenue dans une batterie, vous réduisez radicalement sa durée de vie, bien que les batteries utilisées dans les systèmes éoliens soient le plus souvent conçues pour supporter une profondeur de décharge importante. On se limite généralement à une décharge de 50 p. cent, mais certaines batteries ont une PDD de 80 p. cent, c'est-à-dire qu'on peut extraire

Batteries à forte profondeur de décharge pour les systèmes éoliens

Piles à cellules ouvertes : c'est le type de batteries le plus courant; les bouchons des cellules s'enlèvent pour qu'on puisse y ajouter de l'eau distillée, elles ne coûtent pas cher, ont une longue durée de vie et résistent à la surcharge.

Piles à cellules scellées : ce sont des batteries sans entretien, qui ne requièrent pas d'apport d'eau, mais qui peuvent être endommagées par la surcharge.

Piles recombinante immergée : elles ne requièrent pas d'eau, sont plus coûteuses, peuvent être endommagées par la surcharge, mais ne causent pas de déversement d'acide.

Batteries à électrolyte gélifié : elles ne requièrent pas d'eau, sont plus coûteuses, peuvent être endommagées par la surcharge, peuvent être montées dans différentes positions et ne causent pas de déversement d'acide.

80 p. cent de leur énergie sans risquer de réduire leur durée de vie. De nombreuses batteries sont munies d'un dispositif qui coupe le courant lorsque la tension devient trop faible, pour empêcher toute décharge excessive.

Les systèmes éoliens peuvent recevoir de nombreux types de batteries. Les plus économiques sont habituellement les batteries au plomb à forte PDD. Les batteries d'automobiles (batteries au plomb conçues pour le démarrage, l'éclairage et l'allumage) ont une PDD trop faible et, installées dans un système éolien, elles risquent de faire défaut prématurément.

Pour connaître les types de batteries qui conviennent, consultez l'encadré ci-contre.

La taille de votre système éolien est également importante. Il peut être tentant pour des raisons d'économie de choisir des batteries de faible capacité, mais à l'usage, la profondeur de décharge imposée aux batteries sera sans doute trop élevée et il faudra les remplacer prématurément. Si la taille des batteries est bien choisie, celles-ci doivent avoir une durée de vie de

Spécification	Exemples	Importance	Description
Type à cellule	batterie à cellules ouvertes	Précise les caractéristiques d'utilisation, les tensions de charge et les exigences d'entretien.	
Tension	12 V c.c. (Volts c.c.)	Précise le nombre de batteries en série nécessaire pour fournir la tension requise par le système.	Volts c.c. (Habituellement 2, 6, 12, 24 ou 48)
Capacité	115 Ah (période nominale de 20 heures)	Indique la quantité d'énergie contenue dans la batterie, à une température nominale précisée et pendant une période de décharge de 8 ou de 20 heures; détermine le temps pendant lequel la charge peut être maintenue.	Ampères-heures. Le nombre d'ampères de la charge multiplié par le nombre d'heures pendant lesquelles la charge est appliquée. (Voir à la page suivante l'explication des termes ampères, volts et watts).
Nombre de cycle de vie	750 @ 50 % de PDD	Précise le nombre de cycles (c.-à-d. le nombre de décharges et de recharges) que la batterie peut supporter avant de manquer de capacité.	
Dimension	0,3 x 0,175 x 0,200	Indique le volume nécessaire au stockage de la batterie.	Longueur, largeur et hauteur (m^3)
Poids (remplie d'acide)	24 kg	Il faut disposer d'un plancher résistant ou d'étagères robustes qui peuvent supporter le poids de plusieurs batteries; c'est le poids d'une batterie qui détermine s'il faut une ou deux personnes pour la déplacer.	kg

Watt?

Vous ne devez connaître ni les définitions des unités électriques utilisées dans le texte, ni les relations mathématiques qui les relient, mais il est utile que vous sachiez ce que chacune d'elles représente :

Ampère : c'est une mesure du courant électrique. Considérez-la comme une vitesse, ou comme le débit du courant. Le câblage est classé en fonction du nombre d'ampères qu'il peut acheminer.

Volt : si l'ampère vous fait penser à la vitesse, le volt doit vous faire penser à la pression. L'électricité ne peut pas se déplacer dans un conducteur sans être « poussée » par une force. Cette poussée se mesure en volts.

Watt : c'est la grandeur réellement importante quand vous essayez de déterminer la capacité de votre système éolien. C'est l'unité de puissance.

Ces trois unités sont liées par une relation, et si vous désirez la connaître, la voici : le nombre de watts dans un circuit se calcule en multipliant le nombre de volts par le nombre d'ampères. Par exemple, un circuit type dans une habitation est un circuit de 15 ampères. Comme la tension du courant domestique est de 115 volts, le circuit a une capacité légèrement supérieure à 1 700 watts. Si vous faites fonctionner des électroménagers qui consomment plus de 1 700 watts, vous brûlerez un fusible ou ferez déclencher le disjoncteur du circuit.

trois à cinq ans. La durée de vie de certaines batteries de première qualité, à grandes cellules, peut atteindre 15 ans.

Il est recommandé de connecter les batteries en série. Les connexions en parallèle risquent de causer des dommages en raison de la variation des états de charge des différentes cellules des batteries.

Les spécifications types des batteries sont décrites dans le tableau au bas de la page 15.

Onduleurs

L'énergie stockée dans les batteries est disponible sous forme de courant continu. Certains appareils et appareils électroménagers sont conçus pour être alimentés en c.c.; c'est le cas des appareils d'éclairage et de l'équipement utilisés dans le matériel de camping, de navigation de plaisance et dans les véhicules récréatifs, parce qu'ils sont conçus au départ pour être alimentés par batterie.

Mais les appareils électroménagers que vous utilisez à la maison doivent utiliser le courant alternatif.

L'onduleur convertit le c.c. d'une batterie en c.a. Le processus de conversion entraîne une perte d'énergie d'environ 10 p. cent.

Il existe plusieurs types d'onduleurs. Les onduleurs pour service léger (100 à 1 000 watts) sont généralement alimentés par un c.c. de 12 volts et conviennent aux ampoules d'éclairage et aux petits appareils, tels que les postes de télévision et de radio, ainsi qu'aux petits outils manuels. Les onduleurs à usage industriel (400 à 10 000 watts) peuvent être reliés à différentes tensions continues – 12, 24 ou 48 volts – et peuvent faire fonctionner à peu près n'importe quel appareil électrique dans une maison ou un petit commerce.

Il faut également s'assurer de la qualité de l'électricité fournie par l'onduleur. Si la documentation qui accompagne l'onduleur parle d'« onde sinusoïdale réelle » ou d'« onde sinusoïdale modifiée », l'électricité en question est de première qualité, et on peut en toute sécurité s'en servir pour alimenter de l'équipement électronique sensible comme des ordinateurs ou des imprimantes laser.

Les onduleurs sont souvent des appareils très perfectionnés qui, en plus de la conversion du c.c. en c.a., offrent toute une gamme d'usages. Ainsi, nombreux sont les onduleurs qui sont équipés d'un dispositif de démarrage automatique destiné à un générateur d'appoint, diesel ou à essence.

Ensemble générateur pour systèmes hybrides

Si la demande d'électricité est continue et que le vent est faible pendant une période prolongée, il faut pouvoir utiliser un générateur d'appoint, qui peut fonctionner à l'essence, au carburant diesel ou au propane. L'électricité produite peut être utilisée à l'endroit requis soit directement, soit indirectement si on la stocke en chargeant des batteries.

Si l'on veut assurer un approvisionnement continu en électricité, on est parfois obligé d'installer un générateur à « démarrage à distance », qui se mettra automatiquement en marche avant que la source d'électricité que constituent les batteries ne soit épuisée. C'est habituellement l'onduleur qui donne le signal du démarrage. Les générateurs

ne sont pas tous conçus pour qu'on puisse les faire démarrer à distance, et les onduleurs ne peuvent pas tous faire démarrer à distance un générateur.

Non seulement l'installation de générateurs engendre une dépense en capital initiale, mais il faut également prévoir le carburant que ces générateurs consomment, leur entretien périodique, leur reconditionnement et même leur remplacement. S'ils constituent une importante source d'électricité, ils sont également bruyants, ils polluent, et leur utilisation nécessite le stockage de carburants inflammables.

Autres composants du système (ACS)

On peut équiper un système éolien des composants suivants par souci de sécurité ou pour répondre à des besoins particuliers.

Chargeur de batterie

Certains générateurs peuvent charger des batteries s'ils possèdent une sortie à cet effet; dans le cas contraire, il faut prévoir l'achat d'un chargeur de batterie. Certains onduleurs peuvent également servir à charger des batteries.

Redresseur

Le redresseur convertit le c.a. en c.c. On utilise souvent les redresseurs comme appoints aux batteries dans les systèmes éoliens équipés de générateurs de c.a., car le c.a. produit par le générateur doit être converti en c.c. pour être stocké dans les batteries en vue des périodes de grand vent.

Sectionneur

L'installation de sectionneurs, de disjoncteurs, de fusibles et d'autres dispositifs de protection recommandés par le fabricant et exigés par le code de l'électricité est indispensable au fonctionnement sécuritaire du système. Ces dispositifs isolent l'éolienne des batteries, et les batteries de l'onduleur et de la charge. Ils peuvent également protéger le système contre les dommages causés par d'autres phénomènes. Le sectionneur permet d'effectuer en toute sécurité les travaux d'entretien ou de modification du système.

Équipement de surveillance

Même les plus élémentaires ACS doivent comprendre des dispositifs qui permettent de surveiller le fonctionnement de l'équipement. L'équipement standard de surveillance comprend un voltmètre, qui permet de mesurer la tension des batteries et la profondeur de décharge, et un ampèremètre, qui permet de surveiller la production ou la consommation d'énergie. S'il est perfectionné, l'équipement de surveillance comprend en outre les alarmes signalant les problèmes qui surgissent, comme une tension trop faible ou trop élevée.

- **Une technologie ancienne simple et efficace**

L'homme a utilisé l'énergie éolienne pour le pompage de l'eau bien avant qu'il ne découvre l'électricité. On trouve encore dans le monde de nombreuses méthodes de pompage de l'eau basées sur l'énergie éolienne. Les pompes de forte puissance actionnées par l'énergie éolienne peuvent fournir suffisamment d'eau pour répondre aux besoins de l'irrigation du sol et de l'approvisionnement en eau du bétail. Les systèmes éoliens de taille beaucoup plus petite peuvent fournir l'eau nécessaire aux besoins domestiques.

Les deux technologies utilisées pour le pompage de l'eau sont l'éolienne de pompage mécanique et l'éolienne de pompage électrique. Les deux sont utilisées principalement dans des applications rurales ou agricoles.

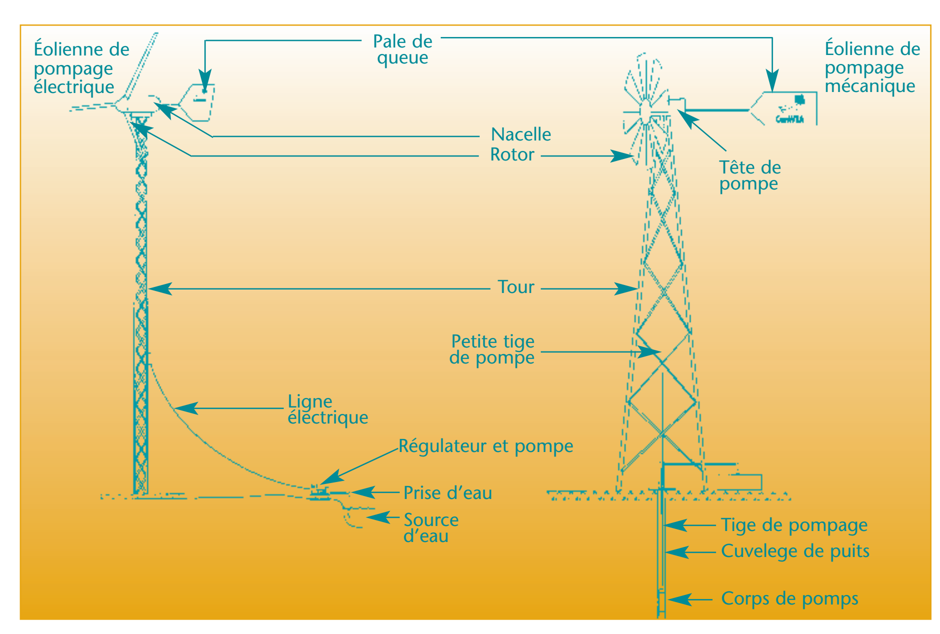


Figure 8. Systèmes éoliens mécanique et électrique de pompage de l'eau. (Illustration offerte gracieusement par l'Association canadienne d'énergie éolienne).

Éoliennes de pompage mécaniques

L'éolienne de pompage mécanique traditionnelle utilise un système bielle-manivelle monté sur l'arbre du rotor. Elle possède normalement plusieurs pales montées sur un rotor qui tourne relativement lentement. Le système bielle-manivelle transforme le mouvement circulaire de la bielle en un mouvement rectiligne alternatif qui commande la pompe à piston installée dans un puits ou un étang, à la base de l'éolienne. Le mouvement alternatif du piston de la pompe assure le pompage de l'eau.

Les éoliennes de pompage mécaniques ont leurs avantages et leurs inconvénients. Elles sont généralement fiables, d'un entretien facile (elles ne nécessitent aucun ACS) et d'un coût abordable. Mais leurs applications sont limitées parce qu'elles doivent être installées directement au-dessus du puits ou de l'étang, même si l'eau doit être utilisée à une certaine distance de ce puits.



Éolienne de pompage mécanique.

Éoliennes de pompage électriques

Contrairement au système mécanique, le système éolien électrique ne doit pas se trouver près de la source d'approvisionnement en eau. Le système éolien électrique commande une pompe électrique, qui aspire l'eau de la source (un puits ou un étang) et la refoule à l'endroit de son utilisation (un abreuvoir à bétail, un étang ou un système d'irrigation). La quantité d'énergie consommée par la pompe électrique peut être adaptée à la puissance de sortie de l'éolienne, de manière à ce que l'énergie éolienne soit utilisée efficacement.

Les éoliennes de pompage électriques ne nécessitent pas d'ACS compliqués, car elles ne comprennent pas de batteries. L'eau est stockée dans un réservoir qui sert de réserve d'énergie.

- **En suivant des étapes simples, déterminer la faisabilité de l'installation d'un système éolien**
- **Une fois les étapes franchies, passez à la phase suivante : la conception préliminaire du système**

Étape 1 : Évaluer le site

Vous aurez besoin de vent. Il est extrêmement important d'évaluer méthodiquement et rationnellement la quantité d'énergie éolienne disponible. La sous-estimation ou la surestimation des ressources éoliennes d'un endroit donné peut s'avérer très coûteuse. On peut procéder de plusieurs manières pour évaluer la quantité d'énergie éolienne disponible.

En principe, la vitesse annuelle moyenne du vent doit être supérieure à 15 km/h pour qu'on puisse envisager l'installation d'un système éolien, mais il est souhaitable que les vitesses dépassent largement cette limite. Le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) d'Environnement Canada a mesuré la vitesse du vent à des centaines d'endroits au Canada. En se basant sur ces mesures (prises, dans tous les cas, à 10 mètres du sol), il a calculé la vitesse annuelle moyenne du vent à chacun de ces endroits et il a dressé la « carte du vent » du Canada (figure 10).

En examinant cette carte, on constate que les régions les plus venteuses du Canada se trouvent le long de la côte est et de la côte ouest, ainsi qu'à certains endroits situés dans le Grand Nord et au sud des Prairies.

Le SEA a également publié un ensemble de rapports reprenant les données éoliennes sur le Canada. Ces rapports contiennent énormément d'informations sur la direction du vent et la variation de sa vitesse relevées dans six régions différentes. Les stations météorologiques locales peuvent fournir des renseignements sur des zones plus étroites et disposent même parfois de cartes éoliennes régionales détaillées.

Ces ressources vous permettront d'entreprendre votre évaluation, mais vous devrez obtenir d'autres renseignements. Ainsi, comme on mesure conventionnellement la vitesse du vent à 10 mètres du sol, les données du SEA ne vous seront pas d'une grande utilité en ce qui concerne les vitesses à plus de 10 mètres du sol, et elles ne vous renseigneront pas davantage sur les micro-conditions qui règnent à l'endroit qui vous intéresse.

En général, les éoliennes doivent être installées dans des endroits dégagés où elles sont exposées aux vents dominants. L'endroit doit se trouver, si possible, au sommet d'une colline ou sur une crête, car la vitesse du vent augmente à mesure qu'on s'éloigne du sol. En installant un système éolien sur le versant au vent



Figure 9. Un petit système éolien de 25 kW Wenvor-Vergnet installé à Collingwood, Ontario, produit de l'électricité pour une maison de campagne. Photographie offerte gracieusement par Wenvor Technologies Inc.

Quand y a-t-il assez de vent?

Pour fonctionner avec un minimum d'efficacité, un système éolien exige une vitesse annuelle moyenne du vent d'au moins 4 mètres par seconde (m/s).

Vitesse moyenne du vent	Régime éolien
Jusque 4 m/s (environ 15 km/h)	Insuffisant
5 m/s (18 km/h)	Faible
6 m/s (22 km/h)	Modéré
7 m/s (25 km/h)	Bon
8 m/s (29 km/h)	Excellent

Cartes des ressources canadiennes d'énergie éolienne

On peut obtenir des exemplaires du rapport d'Environnement Canada intitulé *Cartes des ressources en énergie éolienne au Canada* (ARD-92-003-F) à l'adresse suivante :

Gary Beaney
Spécialiste des services climatiques
Centre climatologique canadien
4905, ave. Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4
Téléphone : (416) 739-4328
Télécopieur : (416) 739-4446

d'une colline plutôt que sur son versant sous le vent, on exposera davantage l'éolienne aux vents dominants (Figure 11).

Le vent n'est pas le seul élément dont il faut tenir compte lorsqu'on choisit un site; la distance entre l'éolienne et le lieu d'utilisation de l'électricité a aussi son importance. Plus la distance entre l'éolienne et le lieu d'utilisation est grande, plus coûteux sera le système.

Une fois déterminé le site probable, mesurez-y la vitesse du vent pendant plusieurs mois. Cette mesure est particulièrement importante si les renseignements préliminaires dont vous disposez montrent que les vitesses moyennes annuelles du vent à cet endroit ne sont pas de beaucoup supérieures à 15 km/h. La surveillance sur le site vous renseignera sur les périodes de vent calme ou faible. Vous pourrez alors comparer vos lectures mensuelles ou instantanées avec les données mensuelles du SEA.

Il est bon de mesurer la vitesse du vent. Cela vous aidera à déterminer la taille de l'éolienne et la capacité de stockage des

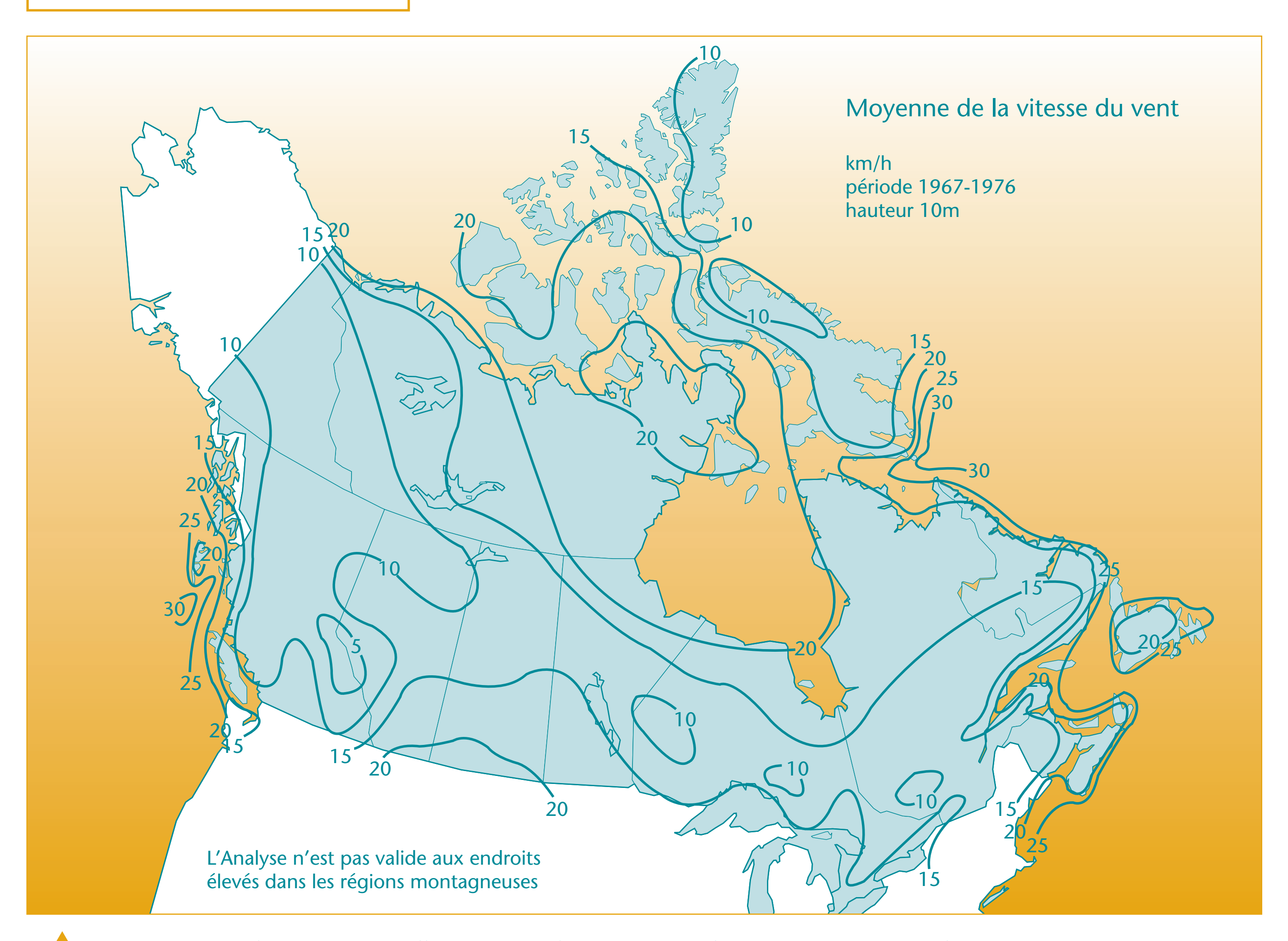


Figure 10. Carte des vitesses annuelles moyennes du vent au Canada, Environnement Canada.

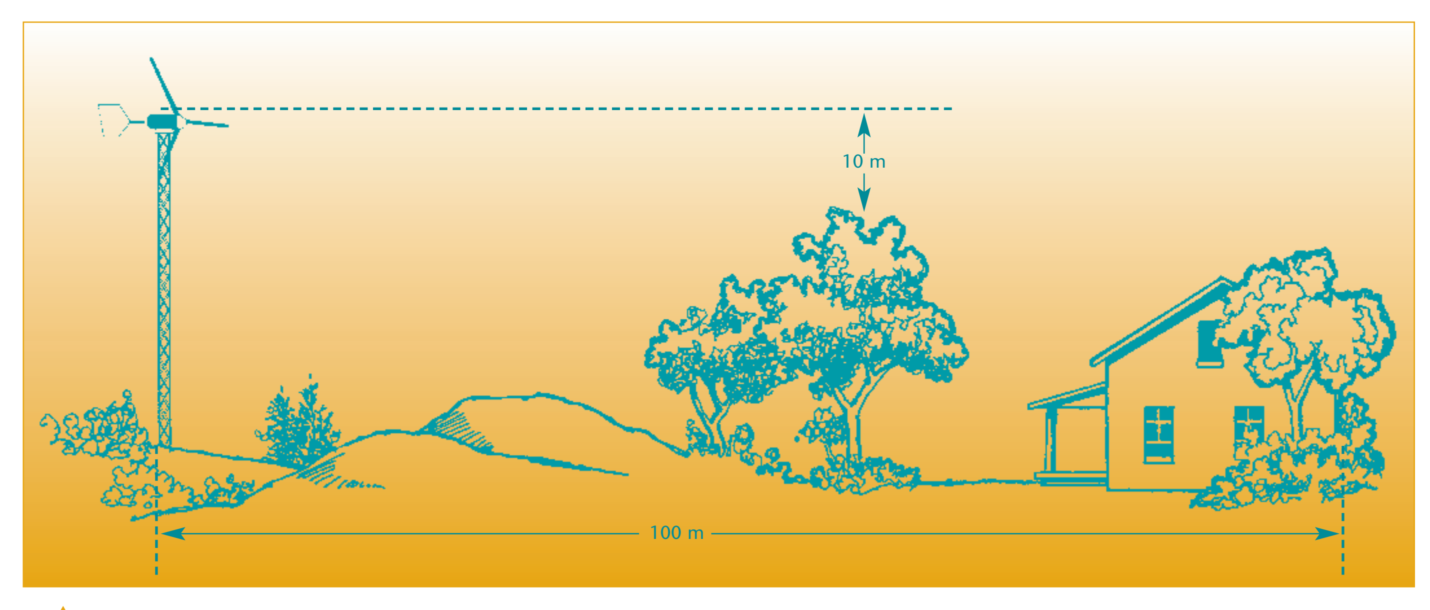


Figure 11. Implantation d'un système d'énergie éolienne.

batteries idéales pour répondre à vos besoins énergétiques.

Approfondissez le sujet en répondant aux questions suivantes :

1. Quelle est la vitesse annuelle moyenne du vent sur mon site, à une distance déterminée du sol?
2. Quelles sont les fluctuations de la vitesse moyenne du vent en fonction de la hauteur?
3. Combien de temps durent les périodes pendant lesquelles le vent a une certaine vitesse et à quelle fréquence se présentent-t-elles, en particulier les périodes pendant lesquelles la vitesse du vent est inférieure à la vitesse d'enclenchement et les périodes pendant lesquelles la vitesse du vent est supérieure à la vitesse de déclenchement?
4. Ces données justifient-elles que j'aille de l'avant?

Note : ***cette étape marque le point où vous devez décider si vous « allez de l'avant ou non ».***

Étape 2 : Évaluer les besoins en énergie

Lorsque vous déterminez la quantité d'énergie dont vous avez besoin, vous répondez en réalité à deux questions. La première : quelle est la quantité totale d'énergie dont j'ai besoin au cours d'une année pour faire fonctionner tous les électroménagers et l'équipement que mon système éolien doit alimenter? La deuxième : quelle est la crête de puissance que je dois prévoir?

Quels appareils votre éolienne doit-elle faire fonctionner?

Vous devez déterminer les appareils que l'électricité produite par votre système éolien de petite taille doit alimenter. Certains électroménagers tels que les chauffe-eau, les sécheuses, les fours et les chaufferettes consomment de grandes quantités d'énergie, mais par intermittence. D'autres

Note concernant le rendement énergétique

Plus vos besoins d'énergie sont importants, plus votre système sera grand et plus il sera coûteux. Tâchez de réduire le plus possible vos besoins, car économiser un kW est plus rentable que de le produire. Utilisez les électroménagers les plus éconergétiques possible. Ressources naturelles Canada gère le programme *Energuide* d'étiquetage des électroménagers qui collecte les données concernant les consommations nominales des principaux électroménagers en vente au Canada. Pour obtenir des renseignements sur *Energuide*, veuillez vous adresser au Groupe Canada Communications en appelant le n° 1-800-387-2000.

Feuille de travail n° 1 : consommation annuelle d'énergie (exemple)

Électroménager/ Équipement	c.a.	c.c.	Puissance nominale (W)	Heures par jour	Heures par an	Wh par an
4 ampoules fluorescentes de 24 watts	oui		96	5	1 825	175 200
pompe à eau	oui		400	1	365	146 000
téléviseur couleur (14 po)	oui		90	2	730	65 700
réfrigérateur à haut rendement		oui	250	3	1 095	273 750
Total – consommation annuelle d'énergie						**660 650 Wh (661 kWh)**

appareils tels que les réfrigérateurs et les congélateurs consomment beaucoup d'électricité et doivent être reliés à une source d'alimentation fiable.

Par contre, l'éclairage ne consomme pas autant d'électricité, et cette consommation est relativement constante. Malgré cela, il faut rechercher les lampes et accessoires les plus efficaces. Retenez que les lampes fluorescentes consomment beaucoup moins d'électricité que les lampes à incandescence, qu'elles durent dix fois plus longtemps et qu'elles donnent la même quantité de lumière. Les lampes fluorescentes compactes, qui se vissent, sont très répandues dans le commerce, et on trouve également des lampes fluorescentes à c.c.

N'oubliez jamais qu'économiser un kW est plus rentable qu'en produire un.

Crête de consommation calculée pour un système éolien individuel – Exemple

Électroménager/Équipement	Puissance (watts)
4 ampoules de 24 watts	96 W
petit téléviseur couleur	90 W
téléphone portatif	6 W
horloge	3 W
fer à repasser	1 100 W
pompe à eau (automatique)	350 W
réfrigérateur à haut rendement	150 W
Total	**1 795 W**

Si vous avez l'intention d'utiliser l'énergie éolienne pour faire fonctionner les systèmes d'une ferme, faites la distinction entre l'énergie nécessaire au fonctionnement de la ferme et l'énergie nécessaire à la vie domestique. Les besoins énergétiques de la ferme peuvent varier considérablement, surtout lorsqu'ils comprennent l'abreuvement du bétail, et il faut les analyser isolément.

Évaluation des besoins annuels en énergie électrique

Vous aurez besoin de deux types de renseignements pour effectuer cette évaluation. Premièrement, vous devez déterminer pendant combien d'heures chacun de vos électroménagers fonctionnera. Deuxièmement, vous devez déterminer la quantité d'énergie que consomme chacun d'eux.

La puissance se mesure en watts. Nous connaissons tous le nombre de watts que consomment les ampoules d'éclairage; quant aux éléments d'équipement électronique, ils indiquent tous la quantité d'électricité qu'ils consomment. Jetez un coup d'oeil à l'arrière de votre poste de télévision par exemple, et vous constaterez qu'une plaque porte les spécifications de consommation de l'appareil. Un poste de télévision consomme normalement 90 watts. Si vous branchez votre poste de télévision deux heurs par jour, tous les jours de l'année, cela donnera (365 jours x 2 heures) 730 heures. Le poste de télévision consomme 90 watts pendant 730 heures, ce qui représente une consommation annuelle d'énergie de (90 watts x 730 heures) 65 700 wattheures.



Système éolien mobile, commandé à distance, Canada Olympic Park, Alberta. Tous les systèmes ne sont peut-être pas aussi mobiles, mais vous pouvez malgré tout emporter votre système si vous déménagez. (Photographie offerte gracieusement par Nor'wester Energy Systems Ltd.)

Traduit en kilowattheures, l'unité de mesure standard, cela fait 65,7 kWh.

Vous trouverez, à l'arrière de ce guide, l'*Annexe A, Puissances types des appareils électroménagers et de l'équipement*, qui vous aidera à évaluer vos besoins annuels en énergie électrique. Nous vous présentons un exemple de feuille de travail (voir page 22).

En procédant à votre évaluation, pensez à l'avenir et aux changements éventuels dans vos besoins énergétiques. Votre famille va-t-elle s'agrandir ou au contraire se rapetisser? Quel effet ce changement entraînera-t-il sur la consommation d'énergie? (Souvenez-vous que, si vous déménagez, vous pouvez emporter votre système éolien!).

Évaluation des besoins en fonction de la crête de consommation prévue

Pour vous assurer que le système éolien que vous projetez d'installer a la taille voulue, vous devez avoir plus de renseignements que les seules données de la consommation annuelle d'énergie électrique des appareils. Certains électroménagers, tels que les réfrigérateurs, ne fonctionnent pas continuellement, ils suivent un cycle marche-arrêt. De même, l'éclairage n'est pas utilisé constamment, ni le fer à repasser, ni les chaufferettes, ni d'autres éléments de l'équipement.

Pour déterminer la taille de votre système, vous devez calculer la crête de consommation d'énergie en fonction de vos besoins. Il est improbable que tout l'équipement et les électroménagers fonctionneront simultanément, mais la crête de consommation doit représenter ce cas extrême.

Prenons comme exemple, la situation où vous regardez la télévision tout en repassant pendant quelques minutes, à la lumière électrique, tandis que la pompe à eau et le réfrigérateur à haut rendement se mettent automatiquement en marche. Cette situation pourrait représenter votre crête de charge. C'est ce type de situation que figure le tableau au bas de la page 22.

Consultez l'*Annexe A, Puissances types des appareils électroménagers et de l'équipement,* qui se trouve à la fin de ce guide afin de noter les électroménagers les plus gourmands qui risquent de fonctionner simultanément. Additionnez leurs puissances pour obtenir la crête de charge.

Étape 3 : Déterminer la taille de l'éolienne et de la tour à installer

À ce stade-ci, vous devez avoir déterminé la quantité d'énergie éolienne disponible à l'endroit choisi ainsi que la quantité d'énergie dont vous aurez besoin. Déterminer la taille de l'éolienne consiste à essayer de faire se correspondre ces deux valeurs.

Conseils utiles

Pour que l'écoulement d'air soit laminaire, la tour doit être telle que l'éolienne d'un mini-système ou d'un petit système se trouve à 100 mètres de tout obstacle atteignant la même hauteur que l'éolienne (grands arbres ou bâtiments) et qu'elle dépasse de 10 mètres la hauteur de tout obstacle se trouvant plus près.

Examinez les spécifications établies par les fabricants d'éoliennes pour avoir une idée de la quantité approximative d'énergie que les éoliennes peuvent produire, compte tenu de la vitesse annuelle moyenne du vent sur le site. Vous pouvez préciser l'évaluation si vous tenez compte de la variabilité de la vitesse du vent en fonction du temps.

Ensuite, vous devez penser à la tour. Une tour plus haute expose l'éolienne à une quantité d'énergie plus importante, mais elle coûte plus cher. Pour produire la même quantité d'énergie, une tour plus basse exigera une éolienne de plus grande taille comparativement à une tour plus haute munie d'une éolienne plus petite et donc mois coûteuse.

Le type de tour qui répond à vos besoins dépend de votre site. Y a-t-il de la place pour ancrer les haubans d'une éolienne à axe vertical? Une éolienne à axe horizontal constitue-t-elle une meilleure solution? La hauteur de la tour permet-elle à l'éolienne de fonctionner à 10 mètres au-dessus des obstacles avoisinants?

Étape 4 : Choisir les ACS

Les ACS dépendent entièrement de la réponse à question posée plus haut : « Quels appareils votre éolienne doit-elle faire fonctionner? ». L'éolienne devra-t-elle fournir de l'électricité tous les jours, sur demande? Faut-il prévoir du c.a.? A-t-on besoin d'électricité 24 heures par jour, tous les jours de l'année? Examinons ces questions une à une :

L'éolienne devra-t-elle fournir de l'électricité tous les jours, sur demande?

Si vous répondez affirmativement à cette question, vous aurez besoin de batteries. Vous devez savoir la taille de batteries qui convient le mieux à votre système. Vous devrez demander l'aide d'un distributeur d'équipement éolien expérimenté pour calculer la capacité de stockage d'énergie requise des batteries, parce que plusieurs facteurs interviennent dans cette évaluation.

Par exemple, il est important de connaître la plus longue période pendant laquelle le vent risque de ne pas atteindre la vitesse minimale, car il faut que l'énergie en réserve dans les batteries vous permette de faire fonctionner vos électroménagers pendant cette période. Dans l'encadré ci-dessous, nous donnons un exemple de ce calcul.

N'oubliez pas non plus que, lorsque le vent souffle, votre système éolien doit non seulement faire fonctionner vos électroménagers et l'équipement, mais il doit également produire assez d'énergie supplémentaire pour recharger les batteries.

Vous devez également déterminer le temps que vous êtes disposé à consacrer à l'entretien des batteries. Si vous êtes prêt à les entretenir régulièrement, vous pouvez opter pour les batteries à cellules ouvertes. Sinon, les batteries sans entretien constituent un meilleur choix.

Si vous répondez négativement à la question posée plus haut, l'éolienne fournira la puissance électrique voulue, et vous pourrez réduire le nombre d'ACS.

Faut-il prévoir du c.a.?

Les maisons, commerces ou usines reliés au réseau électrique consomment du c.a. Il existe cependant des électroménagers, de l'équipement et des accessoires d'éclairage fonctionnant au c.c. et conçus pour être utilisés dans

Calcul de la capacité de stockage des batteries

On mesure la capacité des batteries en ampères-heures. Voici comment calculer le nombre d'ampères-heures dont vous aurez besoin.

Des calculs, effectués précédemment, de vos besoins en électricité vous devez pouvoir tirer une estimation – en wattheures – de la quantité d'énergie électrique dont vous aurez besoin tous les jours. Supposons qu'elle s'élève à 1 300 wattheures (1,3 kWh). Si l'on compte que le vent n'aura pas la vitesse voulue pendant 3 jours maximum, il faudra stocker l'équivalent de (1 300 wattheures x 3) 3 900 wattheures d'énergie dans les batteries.

Une batterie fournit normalement un courant de 24 volts. Les spécifications des batteries vous apprennent que leur profondeur de décharge est de 50 p. cent (PDD de 50 %). Il s'ensuit que la moitié seulement de la capacité totale des batteries est utilisable si l'on veut éviter qu'elles ne se déchargent excessivement.

Pour trouver le nombre d'ampères-heures nécessaires, il suffit de diviser le nombre de wattheures par la tension. Dans ce cas-ci, 3 900 wattheures divisés par 24 volts donnent 162,5 ampères-heures.

Mais, comme la capacité des batteries doit être doublée puisqu'on ne peut soutirer plus de 50 p. cent de leur capacité totale (la PDD étant de 50 %), vous aurez besoin de batteries qui auront une capacité nominale de 325 ampères-heures (162,5 x 2). En fait, il est préférable d'arrondir ce chiffre à 400 ampères-heures.

Utilisation de l'énergie éolienne

Un système autonome de petite taille installé dans le sud de l'Alberta permet à une ferme de fonctionner indépendamment du réseau. Auparavant, la ferme était reliée au réseau, mais le propriétaire a voulu disposer d'une source d'électricité autonome et réduire l'impact environnemental de sa ferme et de l'utilisation d'énergie dans la maison. Le système éolien de la ferme produit l'électricité nécessaire aux besoins de la maison qui abrite une famille de quatre personnes, de l'atelier, du puits et de l'éclairage extérieur. La crête de charge atteint environ 5 kW. La carte du vent du Canada montre que, dans la région, la vitesse annuelle moyenne du vent est de 18 km/h (5 m/s) à 10 m du sol.



Un système éolien autonome de petite taille peut alimenter en électricité la ferme et la maison du propriétaire (Information et photographie offertes gracieusement par Nor'wester Energy Systems Ltd.)

L'électricité est produite par une éolienne de 10 kW, installée sur une très haute tour de 33 mètres. L'électricité produite par l'éolienne est redressée (c.-à-d. que le c.a. est transformé en c.c.) en c.c. de 48 volts pour être stockée dans des batteries de première qualité à électrolyte gélifié, à profondeur de décharge élevée, exigeant peu d'entretien et ayant une capacité de 1 000 Ah. Un onduleur de 5 kW alimente ensuite en c.a. de 120 et 240 volts la ferme et la maison. Pour réduire la crête de charge et la consommation d'électricité, les électroménagers importants – la cuisinière, la sécheuse, le four et le chauffe-eau – fonctionnent au gaz naturel. L'équipement auxiliaire nécessaire au contrôle sécuritaire de l'installation comporte un commutateur, les appareils de contrôle de charge des batteries et les appareils de surveillance du système et de protection des circuits. Si l'éolienne produit toujours de l'électricité après avoir chargé les batteries, un contrôleur de charge met cette électricité en dérivation et l'envoie vers le préchauffage de l'eau du chauffe-eau.

Ce système est plus important que celui qui alimenterait une habitation sans ferme.

L'installation de l'éolienne, comprenant la tour, les batteries de première qualité et les ACS a coûté 60 000 $ (1997). La ferme est désormais à l'abri des augmentations de coût des services publics, et l'électricité qu'elle consomme a peu d'effet sur l'environnement.

les chalets, les véhicules récréatifs et les bateaux. Dans un chalet par exemple, on peut utiliser du c.a. et du c.c., le c.c. servant à l'éclairage et à l'alimentation d'une petite pompe à eau. Dans ce cas, le système doit comporter des câblages, des fusibles et des disjoncteurs séparés pour les circuits de c.a. et de c.c.

Si votre système éolien doit alimenter de l'équipement ou des électroménagers qui doivent fonctionner au c.a., vous aurez besoin d'un onduleur, qui convertit en c.a. l'électricité stockée en c.c. dans les batteries. Actuellement, on utilise souvent des onduleurs identiques, ce qui augmente la fiabilité et le rendement du système.

Si vous n'avez pas besoin de c.a., vous n'avez pas besoin d'onduleur.

A-t-on besoin d'électricité 24 heures par jour, tous les jours de l'année?

Si vous répondez affirmativement à cette question, vous devez envisager l'installation d'un système hybride qui comprend un générateur d'appoint fonctionnant au carburant

fossile. Le chapitre suivant vous en apprendra davantage sur les système hybrides.

Le générateur peut être mis en marche soit manuellement par l'opérateur, soit à distance si l'alimentation électrique doit être ininterrompue. Le générateur à démarrage à distance se met automatiquement en marche quand la tension des batteries atteint une limite inférieure prédéterminée. Il est plus coûteux que le générateur à démarrage manuel.

Si vous répondez négativement à la question, la combinaison éolienne-batteries d'appoint fera l'affaire.

Nous avons inclus (à la page 44) la *Feuille de travail n° 2*, intitulée *Choisir les ACS*, qui vous aidera à choisir les ACS qui compléteront votre système (si nécessaire, vous trouverez au chapitre 3 la description de ces composants).

6. Systèmes éoliens **hybrides**

- **Les systèmes hybrides constituent une source fiable d'électricité**
- **Quelques conseils pour vous aider à déterminer si un système hybride apporte la solution à votre cas**

Si l'évaluation préliminaire dont il est question dans le dernier chapitre indique que vous avez besoin d'une source fiable d'électricité 24 heures sur 24 tous les jours de l'année, vous devez envisager l'installation d'un système hybride. Les systèmes hybrides tirent l'électricité de plus d'une source d'énergie, ce qui assure la fiabilité de l'alimentation électrique. Les sources d'électricité qui peuvent être combinées avec l'énergie éolienne sont diverses : les capteurs d'énergie solaire, les générateurs diesel ou à essence et même l'hydroélectricité.

Les systèmes hybrides sont beaucoup plus complexes que les systèmes autonomes, et les particularités de leur conception sont plus compliquées. Mais, si votre situation s'y prête, le système hybride peut représenter une solution intéressante. Les systèmes hybrides sont fiables et plus écologiques que les générateurs à carburant fossile, et ils sont souvent plus économiques.



Ce relais radioélectrique éloigné, situé à Kananaskis (Alberta), utilise l'énergie éolienne et l'énergie solaire pour produire de l'électricité. (Photographie offerte gracieusement par Nor'wester Energy Systems Ltd.)

Les systèmes hybrides sont aussi variés que les besoins des utilisateurs et ils vont des microapplications et miniapplications, dans lesquelles la fiabilité est une condition sine qua non (comme c'est le cas dans les propriétés familiales ou les sites de télécommunications éloignés), aux petites applications (telles que les réseaux des communautés éloignées).

Il est peu probable que vous trouviez un système hybride de série qui réponde d'emblée à vos besoins, mais comme dans le cas des systèmes autonomes, vous devez évaluer soigneusement ces besoins avant d'entamer votre recherche.

Les règles qui s'appliquent à l'évaluation d'un système hybride sont semblables à celles qui s'appliquent à l'évaluation d'un système autonome, mais il faut tenir compte du coût et de la disponibilité de l'autre source d'énergie qui fait partie du système :

- comme dans le cas d'un système autonome, vous devez toujours savoir de quelle quantité d'énergie vous pouvez disposer sur votre site. Dans le cas d'un système hybride, vous devez en plus étudier la disponibilité de l'autre source d'énergie, l'énergie solaire par exemple.
- vous devez considérer le coût du carburant fossile qui fera fonctionner le générateur. L'approvisionnement en carburant fossile est-il assuré? L'acheminement du carburant vers le site présente-t-il des difficultés à acheminer le carburant vers le site?
- vous devez toujours déterminer vos besoins en électricité. Utilisez les mêmes lignes directrices que celles qui ont été suggérées au chapitre précédent à propos de l'évaluation d'un système autonome : étudiez les crêtes de charges, la demande journalière, la nécessité de disposer d'une source d'électricité fiable. Vous devez veiller à la qualité de l'électricité produite. Des équipements sophistiqués, tels que les ordinateurs ou l'équipement de télécommunications, exigent de l'électricité de haute qualité, qui ne fluctue pas.

Ce qui rend l'évaluation des systèmes hybrides plus difficile que celle des systèmes autonomes, c'est que dans la conception des systèmes hybrides on doit tenir compte de leur fiabilité technique et du rapport coût-efficacité.

Si par exemple le générateur doit démarrer automatiquement quand la production d'électricité éolienne tombe sous une certain seuil, il faudra installer des systèmes de régulation sophistiqués. Et même alors, il se peut que le générateur ne démarre pas à l'instant voulu. Or, si le générateur fonctionne en dessous de sa capacité nominale, il risque de perdre de son efficacité, ce qui augmentera les coûts de fonctionnement.

Il faudra peut-être prévoir des batteries pour stocker l'excédent d'électricité produite pendant les périodes de fort vent et, si le système produit une grande quantité d'énergie, le coût du stockage sera élevé.

Récapitulons les difficultés que présente la planification de l'installation d'un système hybride :

- En raison de la nature variable du vent et de la charge, il est difficile de prévoir comment faire correspondre ces deux éléments avec certitude.
- Les gros groupes générateurs utilisés comme appoint ne démarrent pas toujours à l'instant voulu.
- Un groupe générateur qui fonctionne en dessous de sa capacité nominale est inefficace.
- Pour parer aux variations de la vitesse du vent et aux aléas de la séquence arrêt-marche des groupes générateurs, on peut utiliser le stockage par batteries afin d'assurer la continuité de l'alimentation électrique, mais les batteries sont d'autant plus coûteuses que les charges sont importantes.

Pour être sûr que la production d'électricité de votre système hybride sera fiable et que celui-ci sera rentable, consultez les spécialistes : ils vous aideront à analyser efficacement la question et à étudier les différentes conceptions possibles.

- **Comparez les coûts à long terme d'un système éolien pour déterminer sa valeur réelle**

L'installation d'un système éolien constitue un important investissement, et il faut le considérer comme tel. Il est probable que l'énergie éolienne soit concurrentielle et qu'elle deviendra même moins coûteuse à long terme. Mais il est également possible que le système éolien ne soit pas, au point de vue économique, la solution qui convient à votre cas. Dans cette section, on passe en revue les points importants qui permettent de déterminer si un système éolien constitue une option rentable.

Coût du système

Il faut considérer deux catégories de coûts : les coûts initiaux et les coûts annuels. Les coûts initiaux sont les dépenses engagées au début du projet, avant la production d'électricité. Les coûts annuels, ou coûts d'utilisation et d'entretien, sont les frais qu'il faut assumer régulièrement pour maintenir le système éolien en bon état de marche. En général, dans le cas des systèmes éoliens, les coûts initiaux sont élevés, mais les coûts annuels sont relativement bas, par comparaison avec les coûts d'un générateur, par exemple, dont il faut faire régulièrement le plein de carburant.

Coûts initiaux

Si vous avez effectué l'évaluation dont il est question au chapitre 5 vous avez une idée de la configuration de votre système. À présent, vous pouvez obtenir le prix total du système installé.

Conseils utiles

Les fournisseurs doivent indiquer quelles sont les pièces de rechange importantes du système pour que l'acheteur puisse les acheter immédiatement. Les prix demandés après l'achat du système sont souvent beaucoup plus élevés.

Vous pouvez également dresser la liste de tous les composants du système et appeler les fournisseurs d'équipement pour obtenir des offres ou consulter les catalogues et les listes de prix.

N'oubliez pas de compter le coût des ACS tels que les batteries et les onduleurs, ainsi que les coûts connexes tels que le coût des fondations de la tour, le coût des bâtiments abritant les appareils de contrôle ou les batteries de stockage, le coût de l'équipement de distribution électrique et de connexion ainsi que tous les coûts d'installation correspondants.

Tous ces coûts additionnés ne vous donnent pas encore le coût initial total du système. Il vous reste à considérer les coûts périphériques qui, selon la taille et la complexité du projet, peuvent faire grossir considérablement les coûts initiaux. Voici quelques exemples de ces coûts :

Étude de préfaisabilité : s'en tenir aux lignes directrices de l'évaluation du chapitre 5 ne suffira pas si vous optez pour un système autonome ou un système hybride important. Il peut s'avérer utile de faire appel à un expert qui examinera les possibilités avant que vous ne vous lanciez dans des études plus coûteuses de conception technique et de faisabilité.

L'étude de préfaisabilité ne requiert pas la visite du site; elle peut se baser sur les estimations des ressources et de la demande, obtenues auprès d'autres sources (calculez qu'une étude de préfaisabilité coûte 2 p. cent maximum du total des coûts initiaux). À cet effet, RNCan a mis au point un logiciel-outil de préfaisabilité, appelé RETScreen™. RETScreen™ est un logiciel normalisé d'analyse de projet d'énergie renouvelable qui pourrait vous aider à déterminer si un système éolien constitue un bon investissement dans votre cas. Pour savoir comment obtenir votre copie de RETScreen™ référez-vous à la rubrique du chapitre 11 intitulée *Si vous avez besoin de renseignements supplémentaires*?

Étude de faisabilité : cette phase comprend la phase de conception et l'analyse de la conception. Elle est utile dans le cas des microsystèmes, des mini-systèmes et des petits systèmes. Son coût dépendra de l'accessibilité au site et de la disponibilité des données sur le vent. Dans le cas des petits systèmes hybrides éoliens, il faudra procéder à une évaluation des ressources éoliennes si on ne dispose d'aucune donnée à ce sujet. Cette évaluation impliquera de relever, pendant un an au moins, les lectures d'un anémomètre monté sur une tour. Toutes les études de faisabilité requièrent une étude du site, qui permet de s'assurer que le site et la conception se correspondent. Il peut être indiqué d'effectuer une évaluation environnementale du projet, en particulier si on prévoit de construire des routes d'accès au site ou si la hauteur de la tour

risque d'avoir un impact visuel sur l'environnement (calculez qu'une étude de faisabilité coûte 7 p. cent maximum du total des coût initiaux).

Élaboration du projet : l'élaboration du projet exige à la fois du temps et de l'argent dans le cas des petits systèmes éoliens et des systèmes desservant une communauté. Parmi ces coûts, on peut compter le coût des permis et des approbations requis par la construction, les droits fonciers et le coût des levés, le coût de financement du projet, les frais juridiques et comptables et le coût de la gestion du projet (l'ensemble de ces coûts varie en fonction du projet).

Services techniques : les plus petits micro-projets mis à part, tous les systèmes nécessitent l'intervention de services mécaniques et électriques ainsi que des services de génie civil. Ces interventions augmentent proportionnellement à la taille et à la complexité du système (calculez que ces coûts atteindront 7 p. cent maximum du total des coûts initiaux).

Transport : souvent négligé, le coût du transport de l'équipement pour l'amener à pied d'oeuvre peut cependant être significatif, surtout si le site se trouve dans un endroit éloigné (le coût varie en fonction de l'emplacement et de l'application).

Construction d'une route d'accès : contrairement aux petits systèmes qui ne nécessitent pas la construction de routes, les systèmes plus importants desservant une communauté par exemple, exigent l'accès du site par route, durant toute l'année; c'est un facteur important car, lors de la construction de la route, il faudra tenir compte de son drainage et de son déneigement éventuels (le coût varie en fonction de l'emplacement et de l'application).

Érection et installation : dans certains cas, le fournisseur installe le système et érige la tour, dans d'autres, ce sont des services extérieurs qui sont chargés de ces travaux. L'utilisation d'équipement spécial comme des grues ou des véhicules lourds, des treuils ou des mâts de levage peut s'avérer nécessaire, surtout dans le cas des systèmes importants. Cet équipement se loue, mais la location peut coûter très cher. Les travaux mécaniques et électriques peuvent aussi nécessiter l'intervention de main-d'oeuvre spécialisée (les coûts varient en fonction de l'application).

Coûts annuels

Le coût des pièces et de la main-d'oeuvre nécessaires à l'entretien du systèmes constituent la partie la plus importante des coûts annuels qui selon les particularités de votre application, peuvent également comprendre le coût de location du terrain, les taxes foncières et des primes d'assurance.

Coûts de fonctionnement et d'entretien

On peut estimer le coût annuel d'utilisation et d'entretien d'une éolienne en pourcentage du coût en capital initial de l'équipement installé. Cette estimation est d'environ 3 p. cent pour une éolienne bien conçue et bien construite.

L'entretien des éoliennes doit se faire une ou deux fois par an. Les propriétaires férus de mécanique peuvent décider d'entretenir eux-mêmes leur système, ce qui leur coûtera moins cher que de payer un technicien qui devra se rendre sur place.

Les coûts d'entretien sont bien établis pour la plupart des éoliennes, et le fabricant devrait pouvoir les chiffrer. Normalement, les coûts annuels d'entretien s'élèvent à environ 3 p. cent du coût initial en capital. Comme c'est le cas de tout équipement mécanique et électrique, le coût d'entretien d'une éolienne est minime lorsque l'unité est neuve mais il augmente ensuite progressivement. La durée de vie d'une éolienne de bonne qualité, bien entretenue, peut atteindre 20 ans.

Si vous calculez le coût total d'un système éolien, considérez une durée de vie de 15 ou 20 ans.

Éléments du coût annuel d’entretien d’un système éolien

Élément	Coûts de fonctionnement	Prévisions de remplacement (approx.)
Éolienne	Surveillance, lubrification et réglages réguliers; enlèvement de la neige, de la glace et de la saleté	20 ans
Batteries	Vérification en vue de détecter les pannes et les charges trop faibles après recharge, l’accumulation d’hydrogène, les niveaux d’eau trop bas; nettoyage des bornes	5 à 10 ans
Générateur diesel ou à essence	Lubrification et entretien; plein de carburant	2 à 15 ans
Lignes de distribution	Élagage des arbres gênants et remplacement des pièces endommagées	selon les besoins

Le remplacement de certaines parties de l’équipement peut s’avérer nécessaire pendant la durée de vie du système éolien. Prévoyez, dans votre estimation, le coût du remplacement des batteries tous les cinq à dix ans. Dans le cas d’un système hybride comprenant un petit générateur, il faut prévoir soit le remplacement, soit la remise en état de celui-ci après deux ou trois ans de service ininterrompu.

Nous avons résumé certaines de ces dépenses dans le tableau à la page suivante et vous trouverez également à l’*Annexe D* une feuille de travail qui traite de ce sujet.

Comparaison des différentes possibilités

Toute cette information concernant les coûts engendrés par votre système éolien au cours des ans ne vous apprend rien si vous ne comparez pas ce coût à celui des autres modes de production d’électricité. L’installation de la plupart des micro-systèmes et de certains mini-systèmes ne nécessite sans doute pas une analyse exhaustive, mais l’analyse économique doit être de plus en plus poussée à mesure que la taille du système augmente.

Suivant la taille et le coût du système, vous serez peut-être amené à confier cette analyse à un professionnel expérimenté, car dans ce genre d’analyse, on traite de sujets spécialisés tels que les économies de taxes, la valeur de rendement de l’argent et le coût du cycle de vie.

Le coût du cycle de vie comprend toutes les dépenses engagées au cours de la durée de vie du projet. Dans la section précédente, nous avons appris à établir le coût approximatif d’un système éolien sur 15 ou 20 ans. Il faut à présent comparer ce coût à celui des autres systèmes de production d’électricité. Par exemple, si l’autre solution envisagée est le générateur diesel, vous devrez déterminer le coût d’utilisation sur 15 ou 20 ans d’un générateur diesel ayant la même capacité. Cette évaluation comprendra le coût du générateur, le coût de son remplacement ou de sa remise en état (car sa durée de vie est plus courte que celle de l’éolienne) et, évidemment, le coût du carburant nécessaire à son fonctionnement.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison entre les coûts du cycle de vie de différents systèmes.

Tableau 1. Flux des coûts

Année	Système éolien de 500 W avec batteries			Groupe générateur diesel de 1 kW avec batteries				
	Coût initial	Coûts permanents et annuels		Coût initial	Coûts permanents et annuels			
	Équipement matériel & services	Remplacement des batteries tous les 5 ans	EE annuels (3 % du coût du système)	Équipement matériel & services	Remplacement des générateur tous les 3 ans	Remplacement des batteries tous les 5 ans	EE annuels (3 % du coût du système)	Carburant et huile (par an)
0	7480 $			2280 $				
1		0	194 $		0	0	68 $	380 $
2		0	200 $		0	0	70 $	391 $
3		0	206 $		874 $	0	73 $	403 $
4		0	212 $		0	0	75 $	415 $
5		580 $	219 $		0	580 $	77 $	428 $
6		0	225 $		955 $	0	79 $	441 $
7		0	232 $		0	0	82 $	454 $
8		0	239 $		0	0	84 $	467 $
9		0	246 $		1 044 $	0	87 $	481 $
10		672 $	254 $		0	672 $	89 $	496 $
11		0	261 $		0	0	92 $	511 $
12		0	269 $		1 141 $	0	95 $	526 $
13		0	277 $		0	0	98 $	542 $
14		0	285 $		0	0	100 $	558 $
15		779 $	294 $		1 246 $	779 $	103 $	575 $
16		0	303 $		0	0	107 $	592 $
17		0	312 $		0	0	110 $	610 $
18		0	321 $		1 362 $	0	113 $	628 $
19		0	331 $		0	0	116 $	647 $
20		0	341 $		0	0	120 $	666 $

Utilisation de la méthode de la période de remboursement pour évaluer un projet

Vous pouvez déterminer la rentabilité des plus petits systèmes, où les coûts annuels récurrents sont relativement bas, en utilisant la méthode de la période de remboursement. Cette méthode mesure directement le nombre d'années qui devront s'écouler pour que les économies annuelles d'énergie compensent les coûts initiaux et les coûts annuels de fonctionnement du système éolien. Cette méthode ne tient compte ni de l'inflation ni du changement de la valeur de l'argent au cours de la période considérée.

Cette méthode peut s'avérer utile dans certaines circonstances, mais elle ne convient pas si les coûts annuels ou les économies annuelles sont importants ou s'ils présentent de fortes variations.

La formule de calcul de la période de remboursement est la suivante : période de remboursement (en années) = coût du système installé/ économies annuelles.

Un exemple est donné dans l'encadré ci-dessous.

Analyse économique plus approfondie

D'autres moyens permettent d'établir des comparaisons plus précises entre les coûts des différentes solutions en fonction du temps. Certaines méthodes sont relativement complexes. Si vous êtes intéressés dans cette méthode consultez l'*Annexe F : Utilisation de la valeur nette actualisée (VNA) pour évaluer un projet et Comparaison des coûts unitaires d'énergie*.

Méthode de la période de remboursement

Les besoins en énergie d'un chalet isolé sont d'environ 2 kWh par jour. Une éolienne de 500 W, installée sur une tour de 20 mètres de haut et dont les batteries ont une capacité de 220 Ah coûte environ 7 500 $. Les coûts d'exploitation et d'entretien annuels, et le coût de remplacement tous les cinq ans des batteries équivalent à environ 5 % du coût en capital, c'est-à-dire à 7 500 $ x 5 % = 375 $.

Une autre solution consiste à acquérir un petit générateur diesel, dont le prix coûtant sera de 2 500 $ et le coût de fonctionnement, de 1,56 $/kWh, ce dernier coût incluant le prix du carburant et les frais d'entretien.

Le coût net de l'éolienne installée est le coût initial du système éolien moins le coût initial du générateur : 7 500 $ – 2 500 $ = 5 000 $

Les économies annuelles nettes réalisées grâce à l'éolienne sont représentées par le coût de fonctionnement du générateur :
1,56 $ par kWh x 2 kWh/jour x 365 jours = 1 139 $, moins le coût annuel de fonctionnement du système éolien (qu'on a établi à 375 $) :
1 139 $ – 375 $ = 764 $

Si on calcule la période de remboursement,
elle est donc de 5 000 $ ÷ 764 $ par an = 6,54 ans, c'est-à-dire environ 6,5 ans.

8. Autres **questions** à considérer

- **Vous pouvez avoir vos propres raisons de choisir une forme d'énergie renouvelable plutôt qu'une autre, l'énergie éolienne par exemple; ces considérations pèsent autant, dans votre décision, que le coût du système**

Vous serez peut-être tenté de choisir l'énergie éolienne pour différentes raisons qui n'ont rien à voir avec l'aspect économique de la question ou pour d'autres considérations qui n'ont rien à voir avec l'aspect technique de la question. La plupart de ces considérations sont difficiles à chiffrer, ce qui ne veut pas dire qu'elles n'ont aucun impact technique ou économique, ni qu'elles ont moins d'importance que celles qu'on peut chiffrer.

D'autres facteurs, non quantifiables, peuvent avoir des effets sur votre système éolien.

La tableau ci-dessous cite un certain nombre de facteurs que vous devez prendre en compte lorsque vous cherchez à savoir si un système éolien est celui qui s'adapte le mieux à votre situation.

Environnement. L'énergie éolienne est non polluante, elle abaisse la charge du réseau, réduit l'utilisation de carburants fossiles, et freine la construction de barrages hydroélectriques et de centrales nucléaires. Les acheteurs d'équipement éolien doivent décider de la méthode à utiliser pour chiffrer les avantages environnementaux de l'énergie éolienne et ils doivent déterminer la place de l'environnement dans leur prise de décision.

Sécurité. Dans les régions froides, la glace peut s'accumuler sur les pales des éoliennes, causer de fortes vibrations et être projetée à grande distance. L'hydrogène que dégagent les batteries constitue également un danger, de même que l'obligation, pour le propriétaire ou les personnes chargées de l'entretien, de grimper sur les tours des éoliennes. Il faut également prendre des précautions particulières si les enfants ont accès au système.

Climat extrême. Dans certaines parties du pays, le climat extrême met les systèmes éoliens et les batteries à rude épreuve et ces conditions peuvent causer des problèmes de fonctionnement et de durabilité.

Voisins. Avant de faire l'acquisition d'un système éolien, il faut discuter avec ses voisins de la présence d'une éolienne à proximité de chez eux. Ils risquent d'être préoccupés par la taille du système et le bruit que peut causer la présence éventuelle d'un générateur.

Esthétique. Le système éolien risque de gâcher la vue que vos voisins ou que vous avez du paysage et c'est plus grave encore s'il s'agit d'un paysage historique.

Bruit. Le bruit du générateur d'un système hybride risque de poser problème. Il serait bon, avant d'acheter le générateur, d'écouter le bruit qu'il fait lorsqu'il fonctionne. Les éoliennes seules sont relativement silencieuses.

Corrosion. L'installation du système dans les régions côtières risque de poser des problèmes de corrosion à certaines pièces.

Restrictions dues au zonage et autres obstacles juridiques potentiels. L'administration municipale doit pouvoir fournir les renseignements concernant les restrictions émises, quant au niveau sonore de l'installation et à la hauteur permise des tours, par exemple.

Faune ailée locale. Les oiseaux risquent de se blesser ou de se tuer en heurtant les pales ou la tour, et leurs habitudes de reproduction, de nidification et d'alimentation risquent d'être perturbées. Pour réduire au minimum ces problèmes potentiels, évitez d'installer votre système éolien sur un parcours migratoire ou à un endroit ou de nombreux oiseaux font leur nid ou se nourrissent. Le système doit être conçu de manière à ce que les oiseaux ne puissent s'y percher ou y construire leur nid. Ce problème ne se pose normalement pas avec les systèmes de petite taille.

Interférences électromagnétiques. Le systèmes éoliens produisent parfois des interférences électromagnétiques qui compromettent la réception des programmes radiophoniques ou de télévision. Ces problèmes sont habituellement causés par le générateur, l'alternateur ou des pales métalliques. On peut remédier à la situation en installant des pièces blindées, munies de filtres, ou fabriquées en bois, en plastique ou en fibre de verre.

Connaissances techniques. Le propriétaire peut assurer l'entretien de certains petits systèmes éoliens à condition qu'il possède des rudiments techniques. Il fera peut-être ainsi des économies, mais il devra y consacrer le temps nécessaire et être disposé à effectuer cet entretien quand le système l'exige.

Accès. L'accès par route aux systèmes isolés facilitera la construction, l'entretien et la livraison de carburant, ce qui se traduira vraisemblablement par des économies.

Les assurances, les normes de construction et les restrictions aux actes de propriété sont autant de facteurs dont il faut également tenir compte.

- **Dans ce chapitre, nous nous efforcerons de vous guider dans l'achat d'un système éolien**

Aide des experts

Trouver un expert

Pour trouver un expert, communiquez avec une des organisations ou associations mentionnées au *chapitre 11 – Si vous avez besoin de renseignements supplémentaires.*

Même si vous avez suivi scrupuleusement les étapes de ce guide, il est très important que vous consultiez un expert indépendant, un fournisseur ou un fabricant, pour que vous soyez certain que le système que vous achetez et que vous allez installer est aussi efficace, économique et sécuritaire que possible. Avant d'entrer en contact avec un expert, ayez les détails de votre évaluation préliminaire à portée de la main et ayez une idée précise de la conception de base de votre système. Même si vous êtes bricoleur, discutez de votre projet avec un expert avant de vous lancer dans l'achat d'un système particulier.

Voici quelques domaines où l'avis d'un expert peut vous être utile :

Évaluation préliminaire : il peut étudier votre évaluation préliminaire et confirmer l'exactitude de vos estimations d'énergie et de ressources éoliennes, et il peut vous conseiller sur votre avant-projet sommaire.

Évaluation détaillée : il peut examiner le site, déterminer les applications qui sont les plus appropriées et approfondir l'évaluation des ressources et l'évaluation économique.

Conception du système : il vous aidera à déterminer la capacité optimale du système éolien ainsi que la taille et la configuration des composants, en se basant sur les résultats des évaluations. Son assistance est d'autant plus importante que le système est complexe.

Sélection et coût de l'équipement : en se basant sur expérience, l'expert peut déterminer l'équipement le mieux adapté à la conception de votre système.

Estimation des coûts et arrangements financiers : l'évaluation économique et la conception du système définitif déboucheront sur des estimations de coûts précises, qui vous apprendront si votre projet requiert un financement et, dans l'affirmative, de quel ordre de grandeur.

Installation, entretien et dépannage : l'importance de l'intervention d'un expert, dans ce domaine, croît avec la taille et la complexité du système.

Choix d'un fournisseur

Les fabricants et les distributeurs de systèmes éoliens sont une source précieuse de renseignements.

Les fournisseurs se spécialisent dans les différents types de systèmes, et il s'en trouve certainement un qui possède l'expérience voulue dans la conception et l'installation du type de système dont vous avez besoin. Le genre de services qu'ils offrent varie de l'un à l'autre : certains offrent des installation clés en main (c.-à-d. prêtes à fonctionner), d'autres offrent la possibilité d'acheter le système directement chez le fabricant et de l'installer soi-même.

Distributeurs ou fabricants

Les distributeurs locaux connaissent mieux les conditions locales et ils sont mieux placés que le fabricant « éloigné » pour offrir des services. Les distributeurs peuvent également offrir des systèmes produits par plusieurs fabricants différents.

Demandez les catalogues et les prix courants de l'équipement, et étudiez-les. De nombreux catalogues contiennent des renseignements utiles au point de vue de la conception des systèmes.

N'hésitez pas à demander aux fournisseurs de vous montrer les manuels traitant des ACS et de l'équipement relatif aux éoliennes qui vous intéressent particulièrement. Les fabricants font normalement payer ces manuels, mais si vous achetez un système, ce coût sera le plus souvent déduit du prix de l'unité.

Le manuel doit décrire en termes clairs la procédure d'assemblage et d'installation de l'unité et doit fournir des instructions précises concernant son utilisation et son entretien.

Laissez tomber le fabricant qui ne fournit pas la documentation nécessaire sur son produit.

Lisez attentivement tous les manuels, en relevant les détails qui vous donnent la réponse aux questions suivantes :

- Quel type d'équipement l'onduleur peut-il faire fonctionner?
- De quelle qualité est le c.a. produit par l'onduleur?
- Peut-on faire démarrer le générateur à distance?
- De quoi les ACS se composent-ils?
- Les petites pièces et le câblage font-ils partie du prix de vente?

Lecture des manuels d'équipement

Éléments à vérifier habituellement dans la documentation fournie par le fabricant :

- Instructions d'installation et de fonctionnement
- Instructions d'entretien
- Détails sur la garantie
- Homologation de la CSA
- Autres homologations, p. ex. ISO 9000

Pensez également à la possibilité d'approvisionnement sur place. Les pièces de rechange sont plus faciles à obtenir s'il existe un distributeur local. L'équipement que vous achetez doit être offert sur le marché depuis plusieurs années et avoir prouvé qu'il fonctionne efficacement dans différentes conditions climatiques.

Questions importantes à considérer lors du choix d'un distributeur :

- Combien d'années d'expérience a-t-il dans le domaine?
- Quels sont ses antécédents, sa compétence?
- Connaît-il les exigences locales en matière d'installations électriques, les codes d'électricité, le zonage?
- Est-il disposé à fournir des détails techniques et des détails concernant la formation des prix?
- Peut-il fournir une liste de ses clients?
- Peut-il fournir un exemplaire du manuel d'installation et d'entretien?
- Peut-il présenter des rapports d'essais indépendants?
- Ses clients sont-ils satisfaits de son expérience? Peut-il entretenir et dépanner des systèmes installés dans des endroits isolés et dans diverses conditions, parfois difficiles?
- Quels services offre-t-il? L'installation? Le soutien de garantie? L'entretien?
- Quelle gamme de prix et quelles facilités de paiement offre-t-il? Peut-on acheter ou louer le système? Offre-t-il un contrat de performance?
- Est-il membre de l'Association canadienne de l'énergie éolienne?

Renseignez-vous sur des systèmes de conception et de prix différents et obtenez une estimation écrite de chacun des distributeurs que vous avez contactés. Et finalement, étudiez les clauses de la garantie pour vous assurer qu'elle couvre une période raisonnable et qu'elle couvre à la fois les pièces et la main-d'oeuvre. Assurez-vous que les produits présentés dans les brochures sont offerts sur le marché et vérifiez leur performance.

Avant d'acheter, renseignez-vous. Les fournisseurs se distinguent non seulement par la gamme de leurs produits, mais par de nombreuses autres caractéristiques. Pour vous aider dans ce domaine, nous avons créé la *Feuille de travail n° 4,* intitulée *Renseignements sur les distributeurs*, que vous trouverez à l'*Annexe E*.

Assurez-vous de signer un acte de vente en bonne et due forme. Le contrat doit décrire en détail vos responsabilités et celles du distributeur et comprendre les détails relatifs au suivi du produit et à l'entretien et au dépannage.

- **Points à considérer lors de l'installation de votre système éolien**
- **Procédure de mise en service**
- **Entretien normal**

Certains micro-systèmes sont relativement simples, et faciles à installer et à entretenir, mais le niveau d'expertise nécessaire pour accomplir ces tâches augmente avec la taille du système. L'installation et l'entretien d'un système hybride de n'importe quelle taille nécessitent de réelles connaissances dans le domaine.

Même si vous êtes bricoleur, nous vous recommandons de faire appel à un expert pour planifier et réaliser l'installation de votre système.

Par contre, en participant à l'installation, vous comprendrez beaucoup mieux le fonctionnement du système et vous serez peut-être capable de l'entretenir si vous ne pouvez atteindre un représentant du service d'entretien.

En faisant tout vous-même, vous réaliserez des économies. Vous devrez toutefois obtenir les permis et les autorisations nécessaires avant d'entreprendre les travaux de construction et d'électricité, et vous devrez respecter les codes d'électricité en vigueur. Lisez attentivement les instructions et suivez-les, de manière à assurer votre sécurité.

Si vous doutez, demandez conseil!

Sécurité... Sécurité...Sécurité

On n'insiste jamais assez sur ce point auprès des gens qui travaillent sur le terrain, et c'est également vrai pour les installateurs d'éoliennes. Vous vous exposez à de nombreux dangers potentiels lorsque vous installez une éolienne : vous pouvez tomber en bas d'une tour, des outils ou des pièces peuvent vous frapper dans leur chute, une pale peut vous atteindre, vous pouvez être électrocuté... et la liste s'allonge. La seule manière d'éviter les blessures, c'est de détecter les dangers potentiels et de les éviter.

Installation

L'installation d'un système éolien requiert d'excellentes compétences en mécanique et en électricité ainsi que de l'expérience dans les travaux utilisant des objets lourds et (ou) des tensions électriques élevées. L'information qui suit ne doit pas servir de ligne de conduite, elle ne vise qu'à rappeler les règles de base à respecter lors de l'installation du système.

Les particularités de l'installation d'une éolienne varient en fonction de sa taille, de sa conception et de l'utilisation qu'on en fait. Si vous désirez plus d'informations à ce sujet, consultez le manuel de l'éolienne, la norme CAN/CSA-F429-M90 de l'Association canadienne de normalisation, intitulée « *Recommended Practice for the Installation of Wind Energy Conversion Systems* », et renseignez-vous auprès de l'Association canadienne de l'énergie éolienne sur les publications relatives à ce domaine. Vous trouverez également une liste d'autres ressources au chapitre 11 du présent guide.

Les règles de base à suivre lors de l'installation d'une éolienne sont les suivantes :

- Si vous n'avez pas l'expérience nécessaire ou si vous doutez de vos capacités à réaliser vous-même l'installation, utilisez les services d'un sous-entrepreneur expérimenté.
- Assurez-vous que, lors des travaux effectués sur la tour, on se sert de l'équipement de sécurité adéquat pour grimper sur la tour et pour assujettir les outils.

Conseils utiles

Discutez des exigences de l'application avec l'inspecteur électricien et l'entrepreneur électricien, avant le début de l'installation; l'avenir vous montrera qu'en agissant ainsi, vous avez épargné du temps et de l'argent.

- Assurez-vous que personne ne se tient sous la tour, car la chute d'objets risque de causer de sérieuses blessures.
- Si la tension du système dépasse 24 volts, faites appel à un électricien qualifié et obtenez l'autorisation de branchement du service public local.
- La planification est la clé de la réussite d'une installation à moindres coûts. Si vous avez oublié d'acheter les serre-câbles lorsque vous étiez en ville hier alors que vous avez besoin d'une grue pour tenir la tour en place aujourd'hui, cet oubli risque de vous coûter cher!
- Les caractéristiques des fondations de la tour dépendront de la conception de l'éolienne, de la conception et de la dimension de la tour, et des conditions du sol à l'emplacement du système. Avant de commencer les travaux, consultez un ingénieur ou un entrepreneur local afin de déterminer

si le creusage du type de fondations préconisé par le fabricant nécessite des précautions particulières, vu les propriétés du sol.

- L'installation doit être conforme aux codes et règlements locaux d'électricité. Dans le cas des mini-systèmes et des petits systèmes, dont la puissance est de plusieurs kilowatts, les tensions et les intensités de courant sont suffisamment élevées pour engendrer des problèmes si l'installation électrique n'a pas été exécutée dans les règles de l'art. Il est donc préférable d'engager un électricien.
- Vérifiez si vous disposez de l'espace nécessaire pour assembler l'éolienne. Assurez-vous de comprendre chaque étape de l'installation et de disposer à tout moment des outils appropriés.
- On peut dresser les éoliennes des microsystèmes manuellement. Les petits systèmes peuvent nécessiter l'utilisation d'un mât de levage monté sur la tour et, si la puissance de l'éolienne dépasse 10 kilowatts, une grue ou un mât de levage monté sur une base peut s'avérer nécessaire. N'oubliez pas qu'une petite erreur, lors de la phase d'érection, risque de détruire votre éolienne ou de blesser quelqu'un. Vérifiez certains facteurs qui entrent en jeu dans cette étape, comme les charges et les distances.

Mise en service

Une fois installée, l'éolienne doit être mise en service. Il faut donc préalablement s'assurer, en effectuant les essais appropriés, que chacun des systèmes et sous-systèmes de l'unité fonctionnent comme il se doit. Le processus de mise en service permettra de vérifier, entre autres, que non seulement le frein fonctionne, mais qu'il fonctionnera en cas d'urgence, par grand vent, par exemple.

Ici aussi, plus le système éolien est complexe, plus le processus de mise en service est compliqué.

Le manuel du propriétaire doit décrire la procédure de mise en service dans les moindres détails. Si le propriétaire ne suit pas scrupuleusement les règles de mise en service du système, le fabricant risque de résilier le contrat de garantie en cas de problème subséquent. La présence d'un représentant du fabricant à chaque étape de la mise en service peut s'avérer nécessaire si la taille du projet le justifie.

Vous devez suivre attentivement la procédure de mise en service et documenter chaque étape comme il se doit (au moyen de notes décrivant les essais effectués et les résultats obtenus et, si possible, de photographies).

Exploitation et entretien (EE)

La plupart des systèmes éoliens offerts sur le marché requièrent un minimum de soins de la part du propriétaire lorsqu'ils fonctionnent. Les éoliennes moins compliquées, comme celles qui servent au pompage de l'eau ou à charger des batteries, sont équipées de systèmes de contrôle simples qui assurent un fonctionnement sécuritaire et fiable.

Les systèmes plus complexes demandent plus d'entretien. La plupart des fabricants offrent leurs services pour l'entretien des éoliennes qu'ils vendent. Le fabricant doit en tout cas fournir à l'acheteur le détail de la procédure et du programme d'entretien.

La plupart des éoliennes peuvent fonctionner pendant de longues périodes sans nécessiter de réparations. Elles demandent un entretien mineur une fois par trimestre ou deux fois par an et un entretien plus complet, une fois par an. L'entretien peut se résumer à vérifier simplement les niveaux d'huile, ce que tout le monde est capable de faire, mais il peut également comprendre la vérification du jeu entre-dents des engrenages ou le réglage du pas des pales, tâches qui requièrent une expertise très poussée.

Conseils utiles

Les batteries doivent demeurer à leur température normale de fonctionnement; le gel endommage les cellules.

Il ne faut pas dépasser les taux de charge et de décharge des batteries.

L'utilisation d'interrupteurs, de fusibles et de disjoncteurs spéciaux contribue à assurer le fonctionnement sécuritaire des systèmes de batteries.

Les batteries au plomb non scellées exigent un entretien régulier, qui consiste essentiellement à rétablir le niveau d'eau dans les cellules et à vérifier l'état de charge des batteries.

Les batteries non scellées peuvent dégager de l'hydrogène; les enceintes doivent être ventilées.

Ressources naturelles Canada
Division de l'Énergie renouvelable et électrique
Direction des ressources énergétiques
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 995-0087
Site web :
http://www.nrcan.gc.ca/es/erb/reed

Centre de technologie énergétique de CANMET
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 13e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 996-9418
Site web :
http://nrcan.gc.ca/es/etb

Atlas canadien éolienne
Site web :
http://www.windatlas.ca

Association canadienne de l'énergie éolienne (ACÉÉ)
100, 3553 – 31 St., NW
Calgary (Alberta) T2L 2K7
Sans frais : 1 (800)-9-CANWEA
Hors du Canada : (403) 289-7713
Site web : http://www.canwea.ca

Logiciel gratuit facilitant votre prise de décision

Les technologies de l'énergie renouvelable, comme le système éolien, peuvent constituer un investissement intéressant. RETScreen™ facilite la prise de décision. RETScreen™, c'est un logiciel d'analyse normalisée des projets d'énergie renouvelable qui vous aide à déterminer si un système éolien est un investissement rentable dans votre cas. Le logiciel comporte des feuilles de calcul électronique Microsoft® Excel et un manuel détaillé de l'utilisateur accompagné de banques de données appropriées, pour vous aider à effectuer votre évaluation.

Vous pouvez télécharger **gratuitement** du site web suivant :
http://retscreen.gc.ca
le logiciel RETScreen™
et le manuel de l'utilisateur
ou l'obtenir en communiquant avec RNCan
par téléphone: (450) 652-4621 ou
par télécopieur: (450) 652-5177.

Puissances types des appareils électroménagers et de l'équipement

Les chiffres des consommations énergétiques annuelles types donnés dans les tableaux qui suivent sont des valeurs approximatives, basées sur la consommation d'un petit ménage. Les habitudes individuelles et le nombre de personnes qui forment la famille ont une influence considérable sur l'énergie totale consommée. Pour déterminer votre consommation annuelle d'électricité, vous devez estimer le nombre d'heures que les membres de votre famille passent à regarder la télévision, à passer l'aspirateur, à utiliser des outils électriques et à d'autres occupations du genre. Vérifiez les plaques signalétiques à l'arrière de vos électroménagers pour connaître leur consommation d'électricité et utilisez ces valeurs plutôt que celles qui figurent dans le tableau ci-dessous si les deux ne concordent pas.

La consommation d'électricité des gros électroménagers standard de la liste est basée sur les données *Energuide*. Pour les électroménagers à haut rendement, on s'est fié aux données des fabricants.

Les chauffe-eau et les fours électriques ne figurent pas sur la liste parce qu'il n'est généralement pas économique d'utiliser l'énergie éolienne pour alimenter ces appareils énergivores.

Consommation énergétique type des électroménagers
(La consommation annuelle en kWh comprend l'énergie consommée au cours des cycles automatiques marche/arrêt)

Charges à 115 V c.a.		
Électroménagers/Équipement	**Puissance nominale (watts)**	**Consommation annuelle en kWh**
Réfrigérateur : 450 litres (16 pi³) standard		440
450 litres (16 pi³) à haut rendement		200
113 litres (4 pi³) standard		350
113 litres (4 pi³) à haut rendement		60
Congélateur : 540 litres (19 pi³) standard		500
540 litres (19 pi³) à haut rendement		440
113 litres (4 pi³) standard		250
113 litres (4 pi³) à haut rendement		120
Lave-vaisselle, eau chaude non comprise	1 300	292
Séchoir	4 000	500
Cuisinière		800
Chauffe-bloc	500	180
Pendule	2	18
Lave-linge, eau chaude non comprise		
Essoreuse	300	75
Lave-linge automatique	500	100
Cafetière	900	100

Consommation énergétique type des électroménagers
(La consommation annuelle en kWh comprend l'énergie consommée au cours des cycles automatiques marche/arrêt)

Charges à 115 V c.a.			
Électroménagers/Équipement		**Puissance nominale (watts)**	**Consommation annuelle en kWh**
Ordinateur :	de bureau	200	200
	portatif	15	16
	imprimante	10-300	2-100
Foreuse		300	3
Ventilateur portatif		120	70
Ventilateur de four		350	1 100
Sèche-cheveux		1 000	20
Fer à repasser		1 000	140
Éclairage :	ampoule à incandescence de 60 W	60	110
	tube fluorescent de 24 W (équivalant à une ampoule à incandescence de 75 W)	24	44
	lampe fluorescente de 15 cm	9	17
Four à micro-ondes		1 000	100
Transistor		5	10
Scie circulaire		400 – 1 000	5
Radiotéléphone : en veilleuse		12	50
Radiotéléphone : en cours d'émission		100	2
Radio à bande latérale unique		4	12
Chaîne stéréophonique portative		30	22
Téléphone portatif		3	26
Téléphone , répondeur		6	52
Télévision :	14 po noir et blanc	40	29
	14 po couleur	90	65
Grille-pain		1 100	40
Aspirateur portatif		800	40
Magnétoscope à cassettes		30	10
Pompe à eau		400	150
Pompes à c.c pour abreuver le bétail :			
250 litres/heure à 6 m de hauteur d'élévation		15	
400 litres/heure à 25 m de hauteur d'élévation		60	
180 litres/heure à 70 m de hauteur d'élévation		72	

Feuille de travail nº 1 : Consommation annuelle d'énergie

Électroménagers/ Équipement	c.a.	c.c.	Puissance nominale (W)	Heures par jour	Heures par an	Consommation annuelle en Wh
Consommation annuelle totale d'énergie						Wh (kWh)

Consommation énergétique type des électroménagers

Charges à 12 V c.c		
Électroménagers/Équipements	**Puissance nominale (watts)**	**Consommation annuelle en kWh**
Compresseur d'air	60	5
Chaîne stéréo d'automobile	6	7
Pendule numérique	5	44
Foreuse	144	5
Ampoule à incandescence de 25 W	25	46
Tube fluorescent équivalent, de 25 W	25	46
Scie circulaire	200 – 1 000	5
Télévision :		
noir et blanc (2 h/jour)	20	15
couleur (2 h/jour)	60	45
Grille-pain	1 100	40
Ventilateur (pales de 15 cm)	24	5
Pompe à eau :		
13 L/min, automatique	90	70
11,6 L/min	36	26
7,5 L/min	18	13

Feuille de travail nº 2 : Choisir les ACS

ACS	Description	Spécification	Requis (oui/non)
Batteries			
Onduleur :			
à démarrage à distance			
à « onde sinusoïdale réelle »			
Groupe générateur d'appoint :			
à démarrage manuel			
à démarrage à distance			
Autres ACS :			
Chargeur de batteries			
Sectionneur			Oui
Équipement de surveillance			
Câblage, divers			Oui
Autres parties d'équipement (redresseur p. ex.)			

Feuille de travail nº 3 : Estimation des coûts

Coûts initiaux	**N^bre d'unités**	**Coût/unité**	**Coût total**
Équipement et matériel			
Éolienne			
Tour			
Fondations de la tour			
Batteries			
Onduleur			
Sectionneur			
Commutateur de transfert			
Boîte de distribution			
Bâtiment de contrôle			
Surveillance du système			
Protection des circuits			
Câblage, conduits, divers			
Pièces de rechange prévues			
Groupe générateur			
Total du coût de l'équipement et du matériel			
Coût des services de planification (pour les mini-systèmes et les petits systèmes)			
Étude de préfaisabilité			
Étude de faisabilité			
Élaboration du projet			
Ingénierie			
Transport			
Construction de la route d'accès			
Érection et installation			
Imprévus			
Coût total des services de planification et d'installation			
Total des coûts initiaux			
Coûts annuels	**Fréquence (années)**	**Coût total de remplacement**	**Coût total annuel**
EE : éolienne	annuel		
EE : batteries	annuel		
EE : groupe générateur (remise en état incluse)	annuel		
Carburant et lubrifiant du générateur	annuel		
Remplacement des batteries			
Remplacement du groupe générateur			
Remplacement d'autres pièces			
Divers			
Total des coûts annuels			

Feuille de travail nº 4 : Renseignements sur les distributeurs

	Distributeur 1	Distributeur 2	Distributeur 3
Nom :			
Adresse :			
Nº de téléphone :			
Nº de télécopieur :			
Personne-ressource :			
Nbre d'années dans les affaires			
Qualifications/Antécédents			
Connaissance des codes, des règlements locaux concernant les installations électriques, etc.			
Caractéristiques techniques et prix détaillés			
Références			
Manuel du système			
Rapports des essais effectués sur l'équipement disponible			
Expérience satisfaisante			
Services offerts :			
Installation?			
Soutien de garantie?			
Entretien?			
Prix			
Modalités de paiement			
Membre de la l'Association canadienne de l'énergie éolienne			
Commentaires généraux et observations			

Utilisation de la valeur nette actualisée (VNA) pour évaluer un projet et Comparaison des coûts unitaires d'énergie

La méthode de la valeur nette actualisée, expliquée dans la section ci-dessous et celle des coûts unitaires de l'énergie expliquée dans la section suivante ne sont pas nécessairement applicables, elles ne visent qu'à vous donner une idée de ce que le professionnel considérera lorsqu'il fera une analyse économique approfondie de votre cas.

Utilisation de la valeur nette actualisée (VNA) pour évaluer un projet

Les projets importants, plus coûteux, nécessitent une analyse très précise, car il faut déterminer si leur réalisation a du bon sens. On arrive à ce résultat en calculant la valeur nette actualisée du projet.

La valeur nette actualisée, c'est la somme d'argent que vous devriez mettre de côté aujourd'hui pour payer le démarrage et les coûts d'exploitation du projet pendant toute la durée de vie de l'équipement, en considérant que l'argent que vous mettriez de côté aujourd'hui rapporterait des intérêts pendant toute la durée de vie du système. Par exemple, le calcul de la valeur nette actualisée peut vous apprendre la somme que vous devriez mettre en banque aujourd'hui pour avoir 1 000 dollars en banque dans cinq ans si l'intérêt est de 5 %.

Pour les besoins du calcul de la valeur nette actualisée, on appellera le taux d'intérêt « taux d'actualisation ». En outre, on attribuera aux dollars courants une valeur croissante, à cause de l'inflation.

Si vous désirez utiliser un chiffrier électronique pour calculer vous-même la valeur nette actualisée d'un projet, sachez que la plupart des chiffriers électroniques sont munis d'une fonction permettant de le faire.

En comparant les coûts des différentes options énergétiques en dollars courants, on peut aisément connaître le véritable intérêt économique de chacune d'elles.

La tableau 2 montre le résultat de l'application de la méthode de calcul de la valeur nette actualisée à quatre systèmes énergétiques : un système éolien avec batteries; un système photovoltaïque avec batteries; le branchement au réseau; un groupe générateur diesel avec batteries. Les calculs établissent que, même si le système éolien n'est pas le moins cher à l'achat, il coûtera moins cher que les trois autres systèmes au fil du temps.

Les calculs du tableau 2 tiennent compte d'un certain nombre d'hypothèses qui sont précisées dans la légende du tableau.

Comparaison des coûts unitaires d'énergie

Souvent, la meilleure façon de comparer différents systèmes qui produisent des quantités d'énergie différentes consiste à calculer le coût unitaire d'énergie, qu'on exprime habituellement en dollars par kilowattheure ($/kWh). Dans ces situations, il est important de comparer des projets en se basant sur la valeur actuelle de leur coût unitaire d'énergie, on s'assure ainsi que leur évaluation utilise une variable commune.

Comparons, à titre d'exemple, le système éolien au branchement au réseau. Dans notre exemple, d'un côté il faut installer une ligne de 2 kilomètres de long, et de l'autre le système éolien a une puissance de 500 W.

La conception du système éolien empêche le propriétaire de tabler sur quelque augmentation de la quantité d'énergie produite par le système. Par contre, le réseau s'accommode facilement de n'importe quelle augmentation de la demande d'électricité. Pour comparer équitablement les deux systèmes, il faut mettre en parallèle le coût unitaire de l'énergie produite par l'éolienne au cours de sa durée de vie et le coût unitaire de l'énergie produite par le réseau au cours de la même période. Et il vaut mieux comparer les valeurs nettes actualisées d'un kilowattheure d'énergie dans les deux cas.

Nous donnons ci-dessous un exemple de ce calcul.

Dans cet exemple, le système éolien ne présente pas le meilleur choix : en dollars courants, l'électricité fournie après le branchement au réseau coûtera 1,71 $/kWh alors que l'électricité produite par le système éolien coûtera 1,82 $/kWh.

Tableau 2 : Comparaison économique des coûts

Année	Système d'énergie éolienne de 500 W avec batteries		Système à batteries de 750 W PV		Prolongement du réseau de 2 km		Groupe générateur diesel 1 kW avec batteries	
	Coût initial et rempl. de la batterie aux 5 ans	Coût annuel O&M (3 % du coût de système)	Coût initial et rempl. de la batterie aux 5 ans	Coût annuel O&M (1 % du coût de système)	Coût initial (prolongement du réseau de 2 km)	Coût O&M (16 $/mois + 0,08 $/kWh)	Coût initial et rempl. de la batterie aux 5 ans rempl. du groupe gén. aux 3 ans	Combustible, pétrole (annuel) et Coût O&M (3 % du coût du système)
0	7 480 $		10 095 $		10 000 $		2 280 $	
1	0	194 $	0	100 $		225 $	0	448 $
2	0	200 $	0	103 $		233 $	0	462 $
3	0	206 $	0	106 $		241 $	874 $	476 $
4	0	212 $	0	109 $		249 $	0	490 $
5	580 $	219 $	580 $	113 $		258 $	580 $	505 $
6	0	225 $	0	116 $		267 $	955 $	520 $
7	0	232 $	0	119 $		276 $	0	535 $
8	0	239 $	0	123 $		286 $	0	551 $
9	0	246 $	0	127 $		296 $	1 044 $	568 $
10	672 $	254 $	672 $	130 $		306 $	672 $	585 $
11	0	261 $	0	134 $		317 $	0	603 $
12	0	269 $	0	138 $		328 $	1 141 $	621 $
13	0	277 $	0	143 $		340 $	0	639 $
14	0	285 $	0	147 $		352 $	0	658 $
15	779 $	294 $	779 $	151 $		365 $	2 025 $	678 $
16	0	303 $	0	156 $		378 $	0	699 $
17	0	312 $	0	160 $		392 $	0	720 $
18	0	321 $	0	165 $		406 $	1 362 $	741 $
19	0	331 $	0	170 $		421 $	0	763 $
20	0	341 $	0	175 $		436 $	0	786 $
VAN	8 613 $	2 831 $	11 228 $	1 456 $	$10 000	3 416 $	7 003 $	6 529 $
Total		**11 444 $**		**12 684 $**		**13 416 $**		**13 532 $**

(Coûts initiaux, remplacement de l'équipement et coûts annuels)

Hypothèses relatives au tableau 2

- Systèmes avec batteries : le coût de l'équipement et du matériel comprend le coût initial du matériel et le coût du remplacement tous les cinq ans des batteries.
- Système du groupe générateur diesel : le coût de l'équipement et du matériel comprend le coût du remplacement tous les trois ans du générateur.
- Projet de branchement au réseau : le branchement coûte 5 000 $ par kilomètre; les coûts d'exploitation et d'entretien (EE) sont nuls; les coûts annuels tiennent compte d'une hausse de 6 % par an du coût du kWh fourni par le réseau; le branchement au réseau coûte 16 $/mois et le kWh d'électricité est facturé par le service public à 0,08 $/kWh.
- Tous les systèmes : le taux annuel d'inflation, qui s'applique aux coûts d'entretien, au coût des batteries et aux frais de branchement au réseau est de 3 %; le taux d'actualisation utilisé pour le calcul de la VNA est de 6 %.

Comparaison des coûts unitaires d'énergie		
	Système éolien de 500 W avec batteries	**Branchement au réseau par une ligne de 2 km de long**
Production d'énergie	La quantité d'énergie produite ne change pas pendant toute la durée de vie du système, c'est-à-dire pendant 20 ans : elle est de 1,5 kWh/jour, ou 548 kWh/an.	La consommation d'énergie augmente de 3 % par an pendant 20 ans; elle est de 548 kWh la première année, c'est-à-dire de 1,5 kWh/jour.
Énergie totale consommée après 20 ans	6 280 kWh (sans augmentation de la charge et après calcul de la VNA)	7 980 kWh (avec 3 % d'augmentation annuelle de la charge et après calcul de la VNA)
VNA du système, calculée sur 20 ans	11 445 $	13 629 $ (comprend une augmentation de 3 % du coût annuel total de l'électricité due à l'augmentation de la charge)
Valeur actuelle du coût unitaire de l'électricité	1,82 $/kWh	1,71 $/kWh

Glossaire

Terminologie

ACS : Autres Composants du Système, ou équipement nécessaire à l'installation complète d'un système éolien, abstraction faite de l'éolienne standard et de la tour.

Ampère (A) : unité de mesure de l'intensité du courant électrique; 1 A représente l'intensité de courant créée par une charge électrique d'un coulomb qui traverse un point donné en une seconde (1C/s = 1A).

Ampère-heure (Ah) : unité qui exprime la capacité de stockage d'une batterie (c'est-à-dire qu'une battrie de 100 Ah peut débiter un courant de 1 A pendant 100 heures ou un courant de 100 A pendant 1 heure).

Ancrage d'hauban : fondations conçues pour recevoir une fixation par hauban.

Anémomètre : appareil utilisé pour mesurer la vitesse du vent.

Câble d'hauban : câble dont la tension assure la liaison entre un ancrage d'hauban et une tour.

Centre : accessoire permettant de fixer les pales ou l'assemblage des pales d'une éolienne à axe horizontal, à l'arbre du rotor.

Courant : vitesse à laquelle l'électricité se déplace dans un conducteur; mesuré en ampères (A).

Courbe de puissance : graphique qui représente l'énergie produite par une éolienne en fonction de la vitesse du vent.

Distribution Rayleigh de la vitesse du vent : courbe statistique dont la forme se rapproche de celle de la courbe de distribution de la vitesse réelle du vent. On l'utilise comme courbe de distribution normalisée pour estimer le rendement de la production énergétique d'une éolienne.

Électricité produite : quantité d'électricité produite par une éolienne à une valeur donnée de la vitesse du vent.

Énergie : ce que produit un système éolien pour accomplir un travail; s'exprime habituellement en wattheures (Wh) ou en kilowattheures (kWh).

Énergie produite annuellement (EPA) : énergie totale produite par une éolienne pendant une année.

Éolienne à axe horizontal : éolienne dont l'axe de rotation est parallèle au sol, ou horizontal.

Éolienne à axe vertical : éolienne dont l'axe de rotation du rotor est perpendiculaire au sol. Ces éoliennes ne doivent pas être munie d'un mécanisme à lacet, car elles fonctionnent quelle que soit la direction du vent.

Groupe générateur : machine utilisant un moteur à combustion interne (diesel ou à essence) et un générateur pour produire de l'électricité à c.c. ou c.a.

Hauteur du centre : hauteur qui sépare du sol le centre du rotor de l'éolienne. Dans le cas d'une éolienne à axe vertical, la hauteur du centre se trouve à mi-hauteur du rotor.

Lacet : rotation d'une éolienne à axe horizontal autour de son axe vertical pour rester dans la direction du vent.

Mise en service : procédure qui consiste à inspecter, installer au besoin et contrôler les composants d'un système éolien neuf pour s'assurer que le système fonctionnera correctement lorsqu'on le mettra en marche.

Nacelle : logement situé en haut de la tour supportant une éolienne à axe horizontal et qui contient, entre autres, le système d'entraînement.

Période de remboursement : temps nécessaire pour récupérer le coût d'un investissement grâce au revenu qu'il produit. Cette période ne prend pas en compte le taux d'actualisation.

Photovoltaïque : la conversion directe de la lumière solaire en électricité.

Puissance : expression de la quantité d'énergie fournie par unité de temps. On l'exprime habituellement en watts (W) ou en kilowatts (kW).

Puissance maximale (d'une éolienne) : quantité maximale d'énergie électrique qu'une éolienne peut produire de manière continue lorsqu'elle fonctionne normalement (cette puissance est approximativement la même que la puissance nominale).

Puissance nominale : quantité d'électricité produite par une éolienne à la vitesse du vent nominale (qui est approximativement égale à la puissance maximale).

Rotor : ensemble des pales d'une éolienne, centre compris.

Système de contrôle : sous-système recevant des informations sur la condition de l'éolienne et(ou) sur son environnement, et qui règle l'éolienne pour qu'elle fonctionne dans les limites prescrites.

Système éolien au vent : système dont le rotor se trouve en amont de la tour par rapport à la direction du vent. Ce système est équipé d'un mécanisme à lacet qui le maintient pointé dans la bonne direction, c'est-à-dire au vent.

Système éolien sous le vent : éolienne dont les pales se trouvent sous le vent par rapport à la tour.

Taux d'actualisation : taux d'intérêt utilisé pour calculer la valeur de rendement d'une encaisse future. Il tient compte du principal et de l'intérêt qu'aurait rapporté l'argent utilisé pour le système s'il avait été placé.

Tension : mesure de la différence de potentiel électrique qui existe entre deux points; on l'exprime généralement en volts (V).

Tour : structure qui supporte un système éolien, et plus particulièrement le rotor, le système d'entraînement, etc.

Tour autonome : tour qui ne dépend pas de supports externes, tels que des haubans.

Tour haubanée : tour assujettie par des haubans.

Valeur nette actualisée (VNA) : valeur en dollars courants du coût d'un système pendant toute sa durée de vie.

Vitesse annuelle moyenne du vent (VAV) : moyenne des vitesses instantanées du vent, prélevées à un endroit donné pendant une année.

Vitesse d'enclenchement : vitesse du vent (à la hauteur du centre du rotor) à partir de laquelle l'éolienne commence à produire de l'électricité.

Vitesse de déclenchement : vitesse du vent (à la hauteur du centre du rotor) au-dessus de laquelle l'éolienne, de par sa conception, cesse de produire de l'électricité.

Vitesse du rotor : vitesse de rotation du rotor d'une éolienne autour de son axe.

Vitesse du vent nominale : vitesse du vent à laquelle l'éolienne atteint sa puissance nominale.

Vitesse moyenne du vent : moyenne statistique des valeurs instantanées de la vitesse du vent, mesurée pendant une période donnée, qui peut varier de quelques secondes à plusieurs années.

Watt (W) : unité qui mesure la quantité d'énergie fournie par unité de temps (puissance) ou l'énergie consommée par unité de temps; on peut également l'exprimer en kilowatts (kW). Notez la formule W = V x A.

Zone balayée : surface que les pales balayent en tournant. C'est la surface du disque formé par la rotation des pales.

Symboles

c.a.	courant alternatif
D	diamètre du rotor (pour les éoliennes à axe horizontal)
c.c.	courant continu
PDD	profondeur de décharge
kW	kilowatt
kWh	kilowattheure
PV	Photovoltaïque
W	watt

Sondage des lecteurs

Nous vous remercions de l'intérêt que vous avez manifesté pour *Les systèmes éoliens autonomes : Guide de l'acheteur*. Pour améliorer ce guide, nous vous demandons de consacrer quelques instants à répondre aux questions suivantes :

Où avez-vous obtenu votre exemplaire du *guide de l'acheteur*?

Brochure d'introduction (RNCan) ☐ Distributeur ☐ Détaillant ☐ Ass. can. de l'én. éolienne ☐
Foire commerciale ☐ Autre ☐ Autre association d'énergie renouvelable ☐

Avez-vous trouvé cette publication instructive? Oui ☐ Non ☐

Que saviez-vous des systèmes éoliens avant de lire le *guide*?

Tout ☐ Beaucoup de choses ☐ Quelque chose ☐ Peu de choses ☐ Rien ☐

Veuillez attribuer une appréciation, entre excellent et mauvais, à chacune des caractéristiques suivantes de la publication :

	Excellent	Bon	Moyen	Satisfaisant	Mauvais
Facilité de compréhension	☐	☐	☐	☐	☐
Longueur	☐	☐	☐	☐	☐
Clarité	☐	☐	☐	☐	☐
Intégralité	☐	☐	☐	☐	☐
Photographies	☐	☐	☐	☐	☐
Graphiques	☐	☐	☐	☐	☐
Format/Organisation	☐	☐	☐	☐	☐

Veuillez ajouter vos commentaires ou vos suggestions.

Si j'installais un système, il serait destiné à : Une maison de campagne ou un chalet ☐ Une ferme ☐
Une communauté éloignée ☐ Autre ☐

Veuillez nous indiquer votre nom et votre adresse (en lettres majuscules s.v.p.).

Nom :

Rue :

Ville : Province : Code postal :

Téléphone : Courriel :

Veuillez envoyer le formulaire rempli à l'adresse suivante :
Ressources naturelles Canada
Division de l'énergie renouvelable et électrique
Direction des ressources énergétiques
580, rue Booth, 17e étage, Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 995-0087

Notes

Notes

Canada